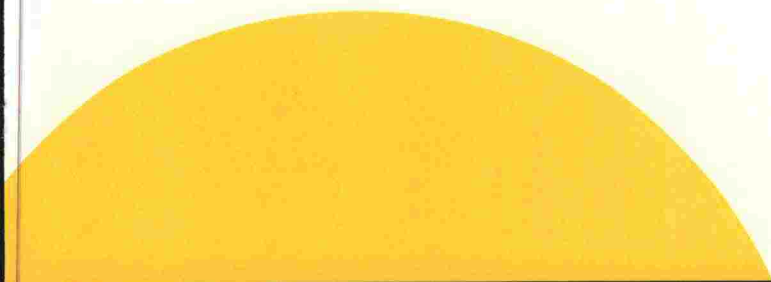


Siltojen rakentamisen ja korjaamisen seuranta

Seurantaraaportti, osa 2

Tiehallinnon selvityksiä 3/2003



Siltojen rakentamisen ja korjaamisen seuranta

Seurantaraportti, osa 2

Tiehallinnon selvityksiä 3/2003

ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-980-3
TIEH 3200793

Verkkoersio (<http://www.tiehallinto.fi/julkaisut>) pdf
ISSN 1459-1553
ISBN 951-726-981-1
TIEH 3200793

Edita Prima Oy
Helsinki 2003

Julkaisua myy/saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
faksi 0204 22 2652
s-posti julkaisumyynti@tiehallinto.fi



TIEHALLINTO
Siltatekniikka
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 22 150

Asiasanat: silta, laakeri, liikuntasauama, kenttämittaus
Aiheluokka: 35, 43, 70

TIIVISTELMÄ

Tässä julkaisussa on käsitelty Tiehallinnon siltojen seurantaan ja korjaamiseen liittyen seuraavia osa-alueita: 1) kumilevylaakerit, 2) liikuntasaumarakenteet, 3) pitkät ulokkeet, 4) jälkijännittämällä vahvennetut sillat, 5) terässiltojen laakerien kiinnitykset ja 6) erikoisrakenteiset terässillat.

Kumilevylaakerien kuntoa on tutkittu yleistarkastusten yhteydessä 61 sillasta. Noin joka kolmannessa tarkastetuista silloista havaittiin kumilevylaakereissa jonkinasteisia vikoja yleisimpien vikojen ollessa kumin pursuaminen kumilevylaakerin teräslevyjen välistä ja ylisuuret muodonmuutokset.

Liikuntasaumalaitteita on tarkastettu 214 ja niiden tukikaistoja 143 kpl. Massaliikuntasauvoja on tarkastettu 23 kpl. Yleisin vaurio liikuntasaumalaitteissa on niiden vuotaminen niihin kerääntyneen moskan hajottaessa kumiprofiilit. Liikuntasaumalaitteiden luotettavuudessa on selviä tyyppikohtaisia eroja. Juotos- ja epoksibetonista valmistetuissa tukikaistoissa on runsaasti vaurioita ja niiden korjaaminen on vaikeaa. Tukikaistan teko valuasfaltista on tässä mielessä parempi ratkaisu. Massaliikuntasaumat toimivat tutkimuksen mukaan hyvin. Niiden yläosa on uusittava päällysteen teon yhteydessä.

Pitkien ulokkeiden lyhytaikaisia siirtymiä on mitattu kenttämittauksilla 5 ulokepalkkisillasta. Kuormana on käytetty sillalla liikkuvia ajoneuvoja. Penkereen ja päätyrakenteen liitoksen kitka aiheuttaa ulokkeen päähän osittain jäykän kiinnityksen. Kiinnitysasteeseen vaikuttaa mm. päädyn rakenneratkaisut sekä kuormittavan ajoneuvon paino ja nopeus. Raskaan ajoneuvon poistuessaa ulokkeen päältä syntyy nopea sysäys, jossa ulokkeen pään pystysiirtymä on suunnilleen sama alas- ja ylöspäin. Ulokkeen pään liikkeet nopeuttavat penkereen ja sillan välisen liitoksen vaurioitumista, mistä voi seurata liikenneturvallisuutta vaarantavia kuoppia sillan päihin.

Jälkijännittämällä vahvennettuja siltoja on tutkittu 5 kappaletta. Sillat ovat tyyppiltään jatkuvia teräsbetonisia kotelopalkkeja. Jälkijännittäminen vaikuttaa selvästi päällysrakenteen taipumaviivaan. Suurin muutos tapahtuu jännittämisen yhteydessä ja sitä seuraavan noin ½ vuoden aikana. Aukkojen kohoumat tai painumat jatkuvat vielä kymmeniä vuosia halkeamien mennessä kiinni ja betonin viruessa. Tarkastetuista kohteista ei ole löydetty vakavia puutteita tai virheitä. Kotelopalkin väliseiniin aiheutuu jänteiden läpivientien kohdilla kuormia, joita varten väliseiniä voidaan joutua vahventamaan.

Terässiltojen laakerien kiinnityksiä on tutkittu 18 sillan yleistarkastusten yhteydessä. Kiinnityksissä ei ole odotettavissa lähitulevaisuudessa isompaa ongelmaa. Ylläpitotöihin luettavaa huoltomaalaus- ja kittaustarvetta on runsaasti, jotta välttyttäisiin kalliimmilta korjaustoimenpiteiltä jatkossa.

Suurissa terässilloissa on usein vaurioita, joita ei pystytä havaitsemaan yleis- ja muissa silmämääräisissä tarkastuksissa. Näille silloille on tehty erillistarkastuksia, joiden tiedot on koottu tähän julkaisuun. Mukana on 58 siltaa ja 122 tutkimusta. Tutkimukset ja niistä aiheutuneet toimenpidetarpeet ovat osoittaneet erillistarkastusten hyödyt.

Keywords: bridge, bearing, expansion joint, field test

SUMMARY

This publication deals with the following issues of the bridges of Finnish Road Administration (Finnra): 1) elastomeric bearings, 2) expansion joints, 3) long cantilevers, 4) bridge strengthening by post-tensioning, 5) fixing of bearings of steel bridges and 6) special-type steel bridges.

Durability of elastomeric bearings of 61 bridges is investigated during general inspections. Deficiencies are found in about one third of the bridges. Typical problems comprise bulging of elastomer between the reinforcing sheets and oversized shear deformations.

Expansion joints are studied by inspection of 214 and 143 pieces of expansion joints and their transition nosings, respectively. Furthermore, 23 asphaltic plug joints are investigated. Most typical failure among the expansion joints is the improper water-tightness, as the rubber seals tend to be damaged by external bodies and dirt. Obvious differences are found in performance of varying type expansion joints. Numerous damages, needing complex repair, are found among transition nosings made of seam or epoxy concrete. Mastic-asphalt type transition nosings are favourable from this point-of-view. In the present study, asphalt plug joints are found working well. Their upper layer should be reconstructed when making new asphalt.

Field tests are conducted for 5 bridges to measure vehicle-induced instant displacements of their long cantilevers. Friction between superstructure and embankment initiates semi-rigid support to the tip of the cantilever. The rigidity is dependent on, e.g., structural details at the bridge ends, and weight and speed of the loading vehicle. When a heavy truck bypasses a cantilever, impact is hitting the structure, to which the deflection is found about equal upwards and downwards. Movements of the cantilever will speed up abrasion of the embankment, which may cause potholes and other traffic risks.

Five bridges are investigated, which are strengthened by post-tensioning. They are of continuous reinforced-concrete box-girder type. Post-tensioning has notable influence to the deflection line of the superstructure. Most of the deflections occur during tensioning and about ½-year afterwards. Spans' sagging and hogging will continue over dozens of years as cracks continue closing and due to the creep. No several defects or malfunction are found in the bridges. Diaphragms of the box-girders receive loading from the tendons to which strengthening might be required.

Bearing fixings of 18 steel bridges are examined during general inspections. No serious problems are found nor expected in the near future. As part of maintenance, painting and putting treatments are needed to postpone more expensive repairing operations.

In many cases there are defects in special-type steel bridges, which could not be detected by general or alike visual inspections. Distinguished inspections are conducted frequently for these bridges. Bibliography and the main results for 58 bridges and 122 studies are collected into the present publication. Defect findings in distinguished inspections and the associated repairing projects have demonstrated benefits of such activity.

ESIPUHE

Silloilla on suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa tai korjauksen aikana tehty erilaisia kokeiluratkaisuja ja kokeiltu erilaisia materiaaleja. Ratkaisujen toimivuudesta tai tyypillisistä vaurioista ei ole sen jälkeen saatu tutkittua palaute-tietoa. Palautteiden hankinta ja käsittely aloitettiin syksyllä 1998. Työn tulok-sena on jo julkaistu vuonna 2001 raportti "Siltojen rakentamisen ja korjaami-sen seuranta, Seurantaraportti osa 1" (Tiehallinnon selvityksiä 7/2001, ISBN 951-726-709-6).

Projektiryhmään ovat kuuluneet projektipäälliköt Jouko Lämsä (puh. joht.) ja Olli Pyykönen Tiehallinnon siltatekniikasta ja tieins. Markku Nousiainen Tie-hallinnon siltateknisestä tuesta sekä TkT Risto Kiviluoma (siht.) ja DI Antti Rämetsä Tieliikelaitoksen Konsultoinnista. Työtä ovat ohjanneet apulaisjohtaja Juhani Vähäaho Tiehallinnon siltatekniikasta ja TkL Torsten Lunabba Tieliikelaitoksen Konsultoinnista.

Tähän raporttiin (osa 2) on projektiryhmä koonnut ja analysoinut kuudesta ongelmaryhmästä tutkitut tulokset.

Asiakirja on viimeistelty Tiehallinnon siltatekniikassa.

Helsingissä tammikuussa 2003

Siltatekniikka

Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	KUMILEVYLAAKERIT	10
2.1	Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat	10
2.2	Yhteenveto	11
2.3	Johtopäätökset	13
2.4	Tarkastustulokset silloittain	14
2.4.1	Liukon risteysilta, itäinen	14
2.4.2	Hammaslahden ylikulkusilta	15
2.4.3	Ämmälän ylikulkusilta	16
2.4.4	Rudon kevyen liikenteen silta	17
2.4.5	Ägrenin silta	18
2.4.6	Onttolan silta	19
2.4.7	Käpykankaan risteysilta, itäinen	20
2.4.8	Rannan silta	21
2.4.9	Kleemolan silta	22
2.4.10	Marttilan kevyen liikenteen silta	23
2.4.11	Rudon silta	24
2.4.12	Ulkusaaren silta	25
3	LIIKUNTASAUMARAKENTEET	26
3.1	Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat	26
3.2	Yhteenveto	26
3.3	Johtopäätökset	28
3.4	Tarkastustulokset rakennetyypeittäin	29
3.4.1	Liikuntasaumalaitteet	29
3.4.2	Tukikaistat	34
3.4.3	Massaliikuntasaumat	38
4	PITKÄT ULOKKEET	39
4.1	Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat	39
4.2	Yhteenveto	40
4.3	Johtopäätökset	40
4.4	Tarkastustulokset silloittain	42
4.4.1	Kellosalmen silta	42
4.4.2	Virransalmen silta	44
4.4.3	Kärppäsundin silta	45
4.4.4	Saarensalmen silta	46
4.4.5	Björkholmenin silta	48

5	JÄLKIJÄNNITTÄMÄLLÄ VAHVENNETUT SILLAT	50
5.1	Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat	50
5.2	Yhteenveto	50
5.3	Johtopäätökset	51
5.4	Tarkastustulokset silloittain	52
5.4.1	Koskelan vesistösilta, eteläinen	52
5.4.2	Murhasaaren silta	56
5.4.3	Nokianvirran silta	58
5.4.4	Puodinkosken silta	60
5.4.5	Helsinginkosken silta	62
6	TERÄSSILTOJEN LAAKEREIDEN KIINNITYKSET	64
6.1	Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat	64
6.2	Yhteenveto	64
6.3	Johtopäätökset	65
6.4	Tarkastustulokset silloittain	66
6.4.1	Haukiperän silta	66
6.4.2	Hepojokilaakson silta	67
6.4.3	Kellosalmen silta	68
6.4.4	Kemijärven silta	69
6.4.5	Kiehimäjoen silta	70
6.4.6	Klemolan silta	71
6.4.7	Kujalan silta	72
6.4.8	Pellon silta	73
6.4.9	Pukkilan ylikulkusilta	74
6.4.10	Riuttasalmen silta	75
6.4.11	Storå bro	76
6.4.12	Suomussalmen silta	77
6.4.13	Tepaston silta	78
6.4.14	Tornion ristikkosilta	79
7	SUURET TERÄSSILLAT	80
7.1	Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat	80
7.2	Yhteenveto	80
7.3	Johtopäätökset	84

1 JOHDANTO

Tässä julkaisussa (osa 2) on käsitelty Tiehallinnon siltojen seurantaan ja korjaamiseen liittyen seuraavia osa-alueita

- kumilevylaakerit
- liikuntasaumarakenteet
- pitkät ulokkeet
- jälkijännittämällä vahvennetut sillat
- terässiltojen laakerien kiinnitykset
- erikoisrakenteiset terässillat.

Osa 2 on jatkoa vuonna 2001 julkaistulle 1. osalle. Julkaisujen tarkoituksena on antaa palautetta suunnittelijoille tehdyistä suunnitteluratkaisuista. Myös siltojen urakoitsijat, rakennuttajat ja muut siltatekniikasta kiinnostuneet tahot voivat hyödyntää julkaisujen tuloksia ja johtopäätöksiä. Julkaisuissa mukana olevat siltatekniset osa-alueet, "ongelmaryhmät", on valittu julkaisujen laadintaan osallistuneiden projektiryhmän asiantuntijoiden toimesta. Osa-alueet ovat mukana pääasiassa siksi, että niissä on tiedetty esiintyvän ongelmia tai että ongelmien välttämiseksi on laadittu ohjeita, joiden toimivuutta ja riittävyyttä halutaan seurata.

Esitetyt tulokset perustuvat siltatarkastuksiin sekä käytettävissä oleviin silta-piirustuksiin ja tutkimusraportteihin.

Tätä julkaisua varten tehdyt siltatarkastukset on suoritettu vuosina 1999 – 2002 usean eri henkilön toimesta. Kunkin ryhmän tarkastuksissa on käytetty soveltuvien osien tulosten tulkinnan ja raportoinnin yhtenäistävää tarkastuslomaketta. Valtaosa tarkastuksista on tehty Tiehallinnon siltojen ohjelmoitujen yleistarkastusten yhteydessä, mutta esim. pitkä ulokkeet – ryhmän sillat on tarkastettu erikseen tätä julkaisua varten. Suuret terässillat – ryhmä poikkeaa muista siinä, että sitä varten on yksinomaan analysoitu olemassa olevaa tutkimusaineistoa.

Julkaisussa käsitellyt sillat on valittu satunnaisesti perustietojen perusteella. Sillan mukana olo tässä julkaisussa ei tarkoita, että sen suunnittelussa, rakentamisessa, hoidossa tai ylläpidossa olisi puutteita.

Suoritettujen tarkastusten ja muun tutkimusaineiston perusteella on laadittu yhteenvedot sekä esitetty johtopäätökset.

2 KUMILEVYLAAKERIT

2.1 Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat

Kumilevylaakeri on rakenteensa johdosta altis vaurioille tapauksissa, joissa sen välittämät liikkeet tai kuormat ovat odotettua suuremmat. Kumilevylaakeri ottaa vastaan vaakasuuntaiset liikkeet päällekkäisten teräslevyjen väliin valetun elastisen materiaalin, kumin, leikkausmuodonmuutoksilla (kuva 2.1). Pystysuunnassa laakeria rasittaa sen siirtämä pystykuorma sekä palkin tai laatan kiertymät rajapinnassa. Laakerialustan vinous ja epätasaisuudet voivat aiheuttaa laakeria vaurioittavia lisärasituksia. Useimmissa tapauksissa voidaan laskelmilla osoittaa, että kumilevylaakeri pysyy paikoillaan alusvalun päällä kitkan avulla ja erillistä ankkurointia ei tarvita.

Kumilevylaakerin materiaali on altis ympäristötekijöiden vaikutukselle ja hitaasti tapahtuville muodonmuutoksille (virumalle). Kumilevylaakereiden käytön alkuvaiheessa Suomessa 1970-luvulla havaittiin selviä tuote- ja materiaaliakohtaisia eroja eri toimittajien laakereiden välillä. Ainoastaan luonnonkumi näytti säilyttävän liukuma- ja kulmanmuutosominaisuudet hyvin alhaisissa lämpötiloissa. Tiehallinnon silloissa kumilevylaakereiden materiaaleille onkin asetettu laatuvaatimuksia sekä määritetty niiden todennusmenetelmä. Kumilevylaakereita voidaan käyttää koko maan silloissa, mutta pohjoisilla alueilla (Kemi-Oulu-Kajaani linjan pohjois- ja itäpuoli) sijaitsevien siltojen laakereiden materiaaleille asetetaan lisävaatimuksia. Kumilevylaakereiden tavoiteikä on 50 vuotta.



Kuva 2.1 Kumilevylaakerin leikkausmuodonmuutos suurehkossa sillan pituussuuntaisessa siirtymässä.

Toisinaan kumin on havaittu pursuavan ulos teräslevyjen välistä (kuva 2.2). Kumeihin saattaa myös tulla halkeamia tai repeämiä. Joissain tapauksissa kumilevylaakeri on ollut kokonaan irti yläpuolisesta rakenteesta, jolloin muiden laakereiden siirtämät kuormat ovat laskettua suuremmat. Laakerien vaurioituessa alapuolisen rakenteen vaakakuormat, jotka laskelmissa otetaan huomioon laakerikitkan avulla, eivät vastaa suunniteltua.



Kuva 2.2 Esimerkki kumin pursuamisesta.

Sillan rakentamisen aikaisen kutistuman ja lämpörasitusten johdosta kumilevylaakeri voi olla valmiiksi väärässä asennossa sillan valmistuttua. Varsinaisia asennusennakoita ei kumilevylaakerien tapauksessa voida käyttää. Suositeltava rakentamistapa onkin tarvittaessa "oikaista" laakerit suurimpien pysyvien muodonmuutosten jälkeen.

Suoritetussa tutkimuksessa selvitettiin kumilevylaakerien vaurioita siltatarkastusten yhteydessä, käyttäen raportoinnin yhtenäistä tarkastuslomaketta.

2.2 Yhteenveto

Tarkastettuja siltoja on ollut 61 kpl (taulukko 2.1) ja tarkastettuja kumilevylaakereita 558 kpl. Siltojen ikä on vaihdellut välillä 8...36 vuotta keskimääräisen iän ollessa 18,6 v. Tarkastetut sillat ovat suurimmaksi osaksi Kemi-Oulu-Kajaani linjan eteläpuolella. Jonkin asteisia vaurioita on havaittu 33 % tarkastetuista silloista. Laakerien lukumäärän perusteella tämä suhteellinen osuus on 20 %. Tavanomaisin vauriotyyppi on ollut kumien pursuaminen teräslevyjen välistä (13 % tarkastetuista laakereista). Laakeri on ollut lämpötilaan nähden väärässä asennossa tai sen muodonmuutokset liian suuria 10 kpl tarkastetuista silloista. Kumin halkeilua tai repeytymistä on havaittu 3 sillan yhteydessä. Yhdessä tapauksessa laakerin yläpinta on ollut noin 2 mm irti siltakannesta. Tarkastustulokset niiden siltojen osalta, joissa on ollut vakavampia vaurioita, on esitetty kohdassa 2.4.

Taulukko 2.1 Tarkastetut sillat

Sillan numero	Sillan nimi	Valmistusvuosi	Laakerit kpl	Kumi pursunnut; laakerien lkm	Muita vaurioita
SK-975 E	Liukon risteysilta, itäinen	1994	4	4	kyllä
SK-2066 W	Liukon risteysilta, läntinen	1994	4	4	-
SK-974	Tuovilan risteysilta	1993	4	-	-
SK-973	Hiltulanlahden risteysilta	1993	4	-	-
SK-908	Kuvansin ylikulkukäytävä	1986	4	-	-
SK-861	Käpykankaan risteysilta	1980	2	-	-
SK-858	Lehtoniemen ylikulkusilta	1980	4	-	-
SK-814	Mulajärven silta	1974	12	-	-
SK-810	Rättimäen risteysilta	1975	16	-	-
SK-799	Siikalahden risteysilta	1972	16	-	-
SK-789	Kopolanvirran silta	1972	4	-	-
SK-621	Konnekosken silta	1983	4	-	-
SK-545	Tiilikkaon silta	1976	6	-	-
SK-298	Savijoen silta	1985	4	-	-
SK-245	Tenetinvirran silta	1977	6	-	-
SK-200	Pitäjän silta	1973	12	12	-
SK-197	Lastukosken kanavan silta	1978	16	-	-
T-2064	Orkolan risteysilta	1989	4	-	-
T-2042	Jokilaakson silta	1987	4	-	-
T-2125	Skattan silta	1991	4	-	-
T-1762	Raision risteysilta	1977	12	-	-
T-2145	Lavian risteysilta	1991	6	-	-
T-1861	Mäljän risteysilta	1978	6	-	-
T-2118	Kairakadun risteysilta	1990	4	-	-
T-2087	Puujalkalan silta	1989	8	-	-
T-2063	Järvelän ylikulkukäytävä	1989	4	-	-
SK-1664	Koppolan ylikulkusilta	1976	4	-	-
SK-1670	Hammaslahden ylikulkusilta	1977	19	-	kyllä
V-1293	Inanjoen silta	1969	6	-	-
V-1251	Ämmälän ylikulkusilta	1966	4	-	kyllä
V-1582	Rudon kevyen liikenteen silta	1988	8	-	kyllä
V-1581	Ägrenin silta	1988	28	-	kyllä
SK-1053	Ontolan silta	1978	12	-	kyllä
SK-1694	Hyötiäisen kanavan kevyen liikenteen silta	1980	24	-	-
SK-1712 W	Käpykankaan risteysilta, läntinen	1983	3	-	-
SK-1802 E	Käpykankaan risteysilta, itäinen	1983	2	-	kyllä
U-1466 N	Raappavuokoston risteysilta, pohjoinen	1982	4	-	-
U-3466 E	Raappavuokoston risteysilta, eteläinen	1982	4	-	-
U-1578	Viinikkalan risteysilta	1978	4	-	-
U-1647	Kivistön ylikulkukäytävä	1988	11	-	-
U-1649	Kirkan risteysilta	1986	22	-	-
U-1651	Lepsämänojen kevyen liikenteen silta	1986	4	-	-
U-1658	Lautmäen risteysilta	1988	10	-	-
T-2221	Rannan silta	1994	12	6	kyllä
T-331	Tarvaisten silta	1936*)	8	6	-
SK-597	Luupujoen silta	1993	10	-	-
V-1507	Ekolan silta	1982	22	-	-
V-1581	Ägrenin silta	1988	28	-	-
V-3875	Kleemolan silta	1991	4	2	kyllä
V-3802	Hyypän silta	1981	24	-	-
V-1625	Granforsin silta	1990	8	8	-
V-3354	Alikylän silta	1938**)	18	-	-
V-3849	Marttilan kevyen liikenteen silta	1986	4	4	kyllä
V-1615	Östensön silta	1990	4	2	-
V-3734	Pappilankosken silta	1977	4	4	-
V-1596	Jalasjoen kevyen liikenteen silta	1990	12	-	-
V-3767	Toholammin silta	1979	12	8	-
V-415	Rudon silta	1973	3	-	kyllä
V-3733	Mustikkapuron silta	1977	4	-	-
O-1457	Pihkalan silta	1994	16	1	-
L-1866	Ulkusaaren silta	1988	22	14	kyllä
Yht.			558	75	

*) Kansi uusittu 1994

**) Perusparannusvuosi 1979

2.3 Johtopäätökset

Tulosten mukaan noin joka kolmannen kumilevylaakereilla varustetun sillan laakereissa on havaittu jonkin asteisia vikoja, kun viaksi lasketaan myös kumin pursuaminen teräslevyjen välistä. Kumin pursuamisen lisäksi yleisin vaurio on ollut laakerin ylisuuret muodonmuutokset.

Kumien pursuamiseen voi olla syynä laakerialustan vinous ja epätasaisuudet. Tällöin kumi on tyypillisesti pursunnut vain laakerin yhdeltä reunalta. Tämän vaurion välttämiseen voidaan vaikuttaa alustavalun huolellisella tekemisellä.

Ylisuuria muodonmuutoksia on esiintynyt kumilevylaakereissa sekä sillan pituus että poikkisuuntaan. Ne voidaan toisissa tapauksissa olettaa johtuvan penkereen liikkeistä ja sillan rakenneratkaisuista. Suunnittelijan tulisi ottaa huomioon laakerityypin valinnassa ja mitoituksessa mm. tukien vaakaliikkeet sillan pituus- ja poikkisuunnassa. Toisissa tapauksissa muodonmuutokset ovat seurausta rakentamisen aikaisista rasituksista. Kumilevylaakerit tulisivin oikaista sillan valmistuttua, esimerkiksi rakentamisen jälkeisenä kesänä. Tämä voidaan tehdä tunkkaamalla päällysrakenne ylös ja antamalla laakerin palautua alkuperäiseen muotoonsa.

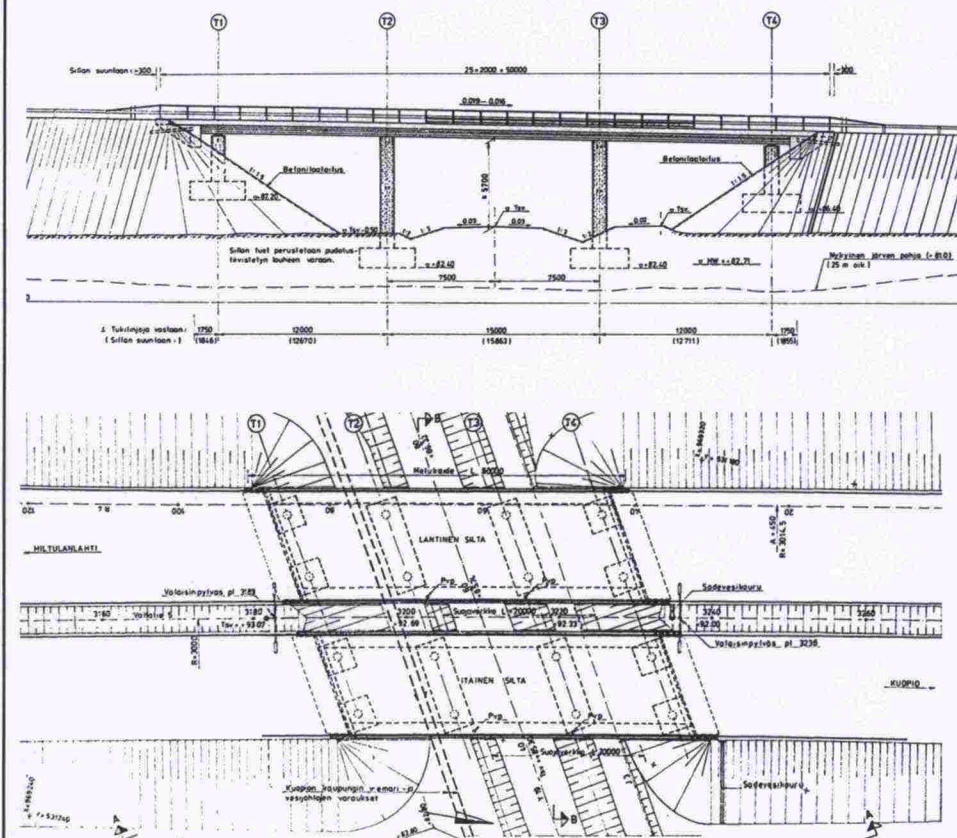
Viallisten laakerien suhteellinen osuus kaikista tarkastetuista laakereista on ollut 20 %, mikä osoittaa että kumilevylaakereiden luotettavuudessa, suunnittelussa ja asennustekniikoissa on parantamisen varaa - ottaen huomioon kumilevylaakerien tavoitteellinen 50 v. käyttöikä. Havainnot, jonka mukaan koko laakeri oli siirtynyt muutaman sentin pois alustavalun päältä tai jonka mukaan useampilaakerisen tuen vain yhdessä laakerissa on ollut siirtymiä, osoittavat, että kitka ei kaikissa tapauksissa riitä pitämään laakeria paikoillaan.

2.4 Tarkastustulokset silloittain

2.4.1 Liukon risteyssilta, itäinen

Sillan numero SK-975 E	Sillan nimi Liukon risteyssilta	Kunta Kuopio
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta	Suunnitelmanumero 13180	
Jännemitat (m) (1,8)+12,7+15,9+12,7+(1,9)	Tarkastuspvm. 5.9.2000	Vinous (gon) 21,0
		Hyödyllinen leveys (m) 14,0

Lisätiedot kohteesta



Tarkastuksen tulokset

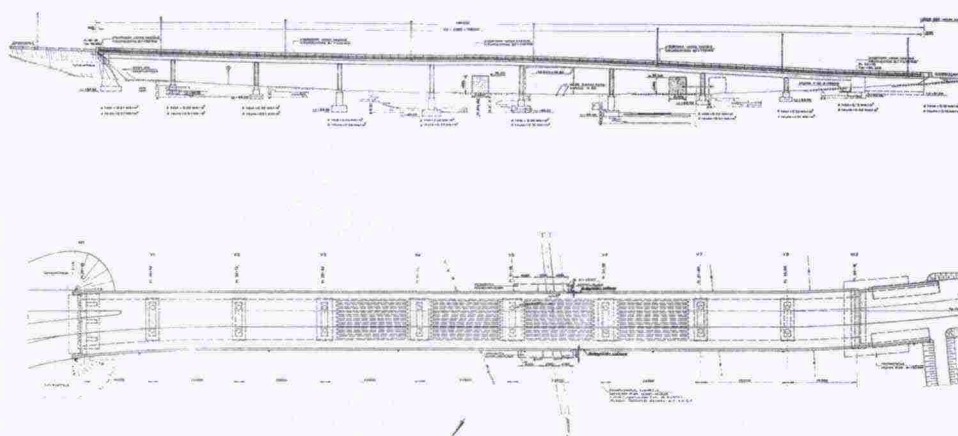
Itäisen sillan päätytukien laakereissa (2 kpl tukea kohden) on sivusiirtymä samaan suuntaan; 12 mm ja 15 mm vasemmassa maatuessa sekä 2 mm ja 15 mm oikeassa maatuessa. Sivusiirtymän suunnan perusteella päätytuet ovat siirtyneet vierekkäisestä sillasta pois päin tai päällysrakenne on siirtynyt vierekkäistä siltaa kohden.

Kumi on pursunnut huomattavasti mutta on ehjää. Kumilevylaakereiden koko on 500 x 400 x 65 mm³.

2.4.2 Hammaslahden ylikulkusilta

Sillan numero SK-1670	Sillan nimi Hammaslahden ylikulkusilta	Kunta Pyhäselkä
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen jakuva ontelelolaattasilta		Suunnitelmanumero 8878
Jännemitat (m) 16,0+2x20,0+4x22,0+2x20,0+16,0	Tarkastuspvm. 11.10.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 13,1

Lisätiedot kohteesta



Välituet V4 ja V5 on ovat jäykästi kiinni päällysrakenteessa, muilla tuilla on kumilevylaakerit.

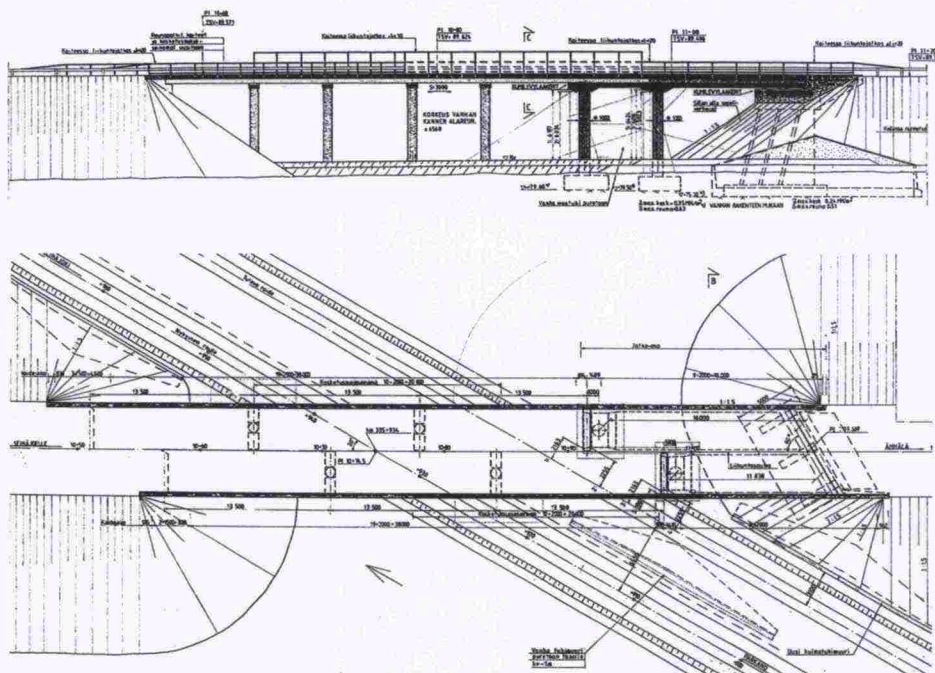
Tarkastuksen tulokset

Maatukien laakerit ovat liukuneet pois alustavalun päältä sillan poikkisuunnassa muutaman sentin. Vasemmassa maatuessa on 4 kpl ja oikeassa 3 kpl kumilevylaakereita. Näissä tuissa laakereiden sivusiirtymät ovat 5 mm ja 15 mm vastaavasti.

2.4.3 Ämmälän ylikulkusilta

Sillan numero V-1251	Sillan nimi Ämmälän ylikulkusilta	Kunta Seinäjoki
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen jatkuva laattasilta		Suunnitelmanumero 13731
Jännemitat (m) 13,55+13,50+14,50+12,20	Tarkastuspvm. 19.5.2000	Vinous (gon) 44,0
		Hyödyllinen leveys (m) 7,0

Lisätiedot kohteesta



Tarkastuksen tulokset

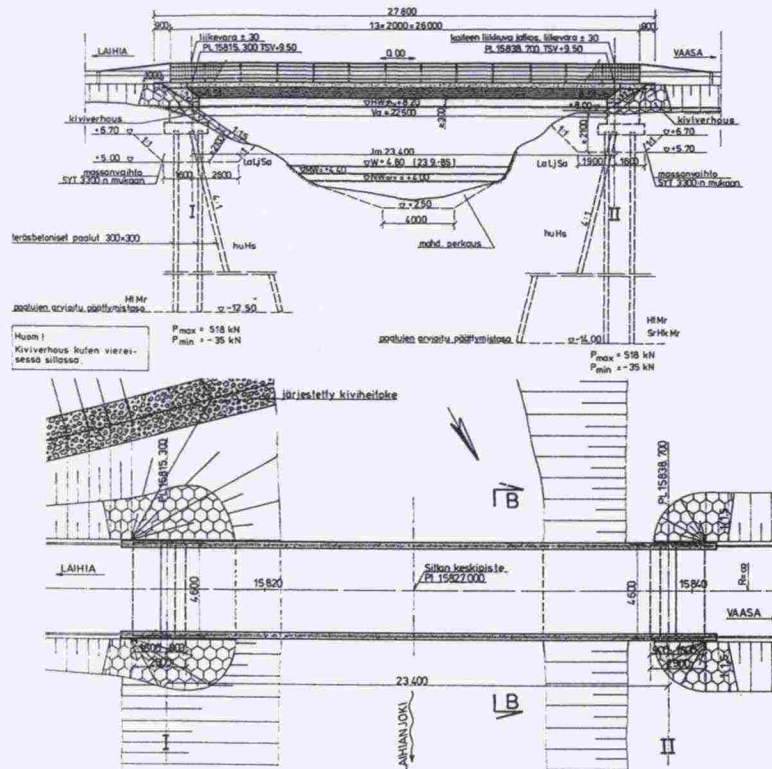
Suunnitelman mukaan siltaan on lisätty jälkikäteen aukko oikeaan päähän.

Uuden osan maatuen kumilevy-laakereissa (4 kpl) on sillan pituussuuntainen siirtymä 15 mm. Siirtymä on lämpötilan perusteella oikeaan suuntaan mutta liian suuri. Sillan liikepituuden perusteella laskennallinen siirtymän maksimiarvo on noin 4 mm.

2.4.4 Rudon kevyen liikenteen silta

Sillan numero V-1582	Sillan nimi Rudon kevyen liikenteen silta	Kunta Laihia
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty betoninen elementtisilta		Suunnitelmanumero 11878
Jännemitat (m) 23,4	Tarkastuspvm. 23.5.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 4,1

Lisätiedot kohteesta



Tarkastuksen tulokset

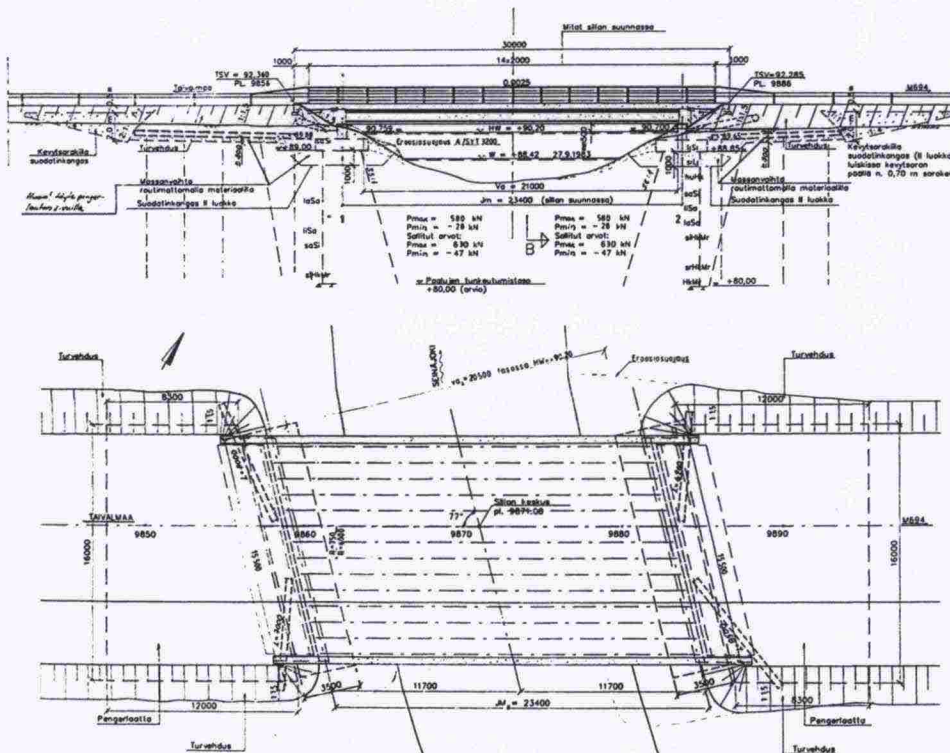
Vasemman maatuen kumilevylaakereissa (4 kpl) on sillan pituussuuntaiset siirtymät -12 mm, -2 mm, -9 mm ja -4 mm. Oikean puoleisen maatuen kumilevylaakereissa (4 kpl) on siirtymät 15 mm, 10 mm, 5 mm ja 8 mm.

Siirtymät ovat lämpötilan suhteen oikeaan suuntaan mutta liian suuria. Sil-
lan liikepituuden perusteella laskennallinen siirtymän maksimi-arvo on noin
3 mm.

2.4.5 Ägrenin silta

Sillan numero V-1581	Sillan nimi Ägrenin silta	Kunta Peräseinäjoki
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty betoninen palkkisilta, puolielementtirakenteinen		Suunnitelmanumero 11906
Jännemitat (m) 23,5	Tarkastuspvm. 19.5.2000	Vinous (gon) 13,0
		Hyödyllinen leveys (m) 13,5

Lisätiedot kohteesta



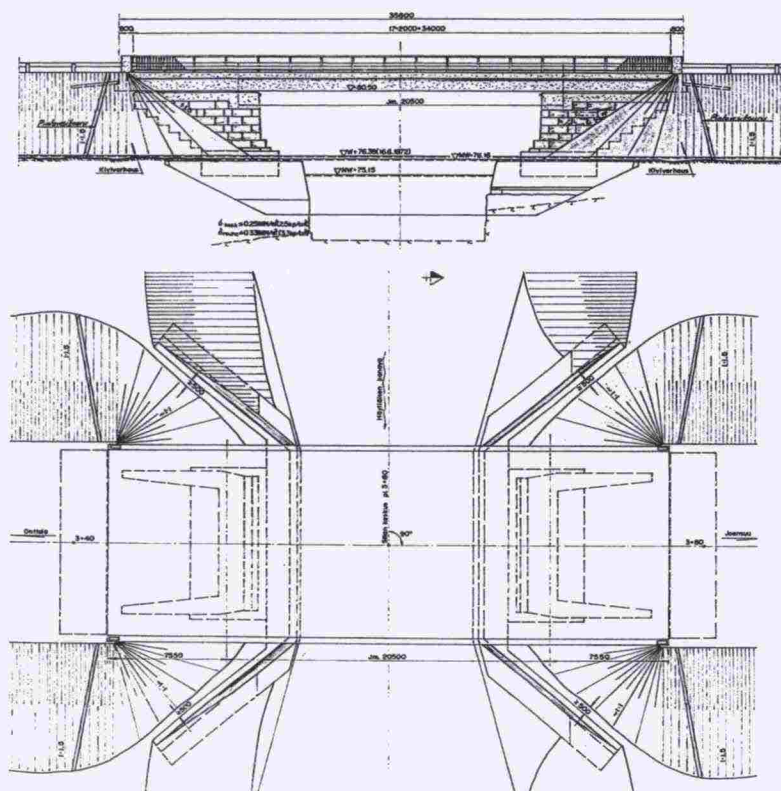
Tarkastuksen tulokset

Molemmilla tuilla on 14 kumilevy-laakeria. Vasemman puoleisen tuen laakereista yksi on irti päällysrakenteesta noin 2 mm. Tällä tuella lisäksi kuusi muuta laakeria on irti päällysrakenteesta noin 1 mm.

2.4.6 Onttolan silta

Sillan numero SK-1053	Sillan nimi Onttolan silta	Kunta Joensuu
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen ulokelaattasilta		Suunnitelmanumero 8919
Jännemitat (m) (7,6) + 20,5 + (7,6)	Tarkastuspvm. 28.7.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 12,1

Lisätiedot kohteesta



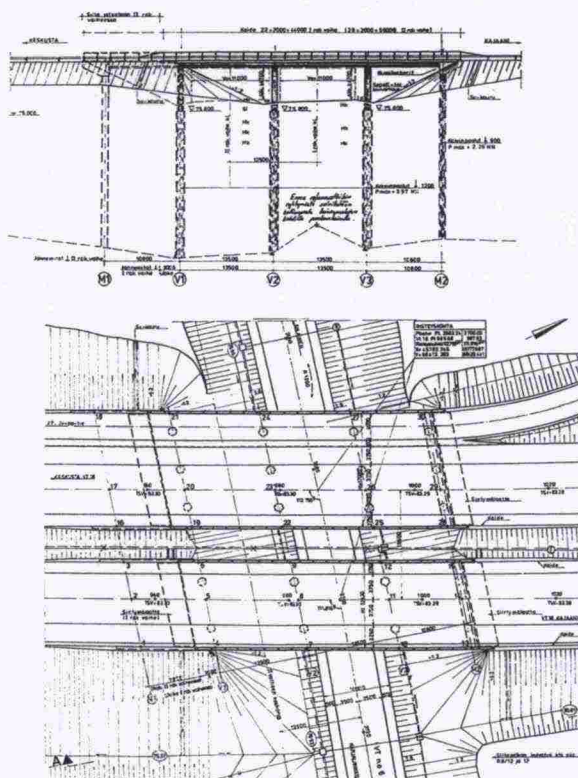
Tarkastuksen tulokset

Kumilevylaakereiden koko on 450 x 350 x 63 mm³ ja niitä on molemmilla tuilla 6 kpl. Laakerien kumi on halkeillut.

2.4.7 Käpykankaan risteyssilta, itäinen

Sillan numero SK-1802 E	Sillan nimi Käpykankaan risteyssilta	Kunta Joensuu
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta		Suunnitelmanumero 10610
Jännemitat (m) (3,0)+13,8+13,8+11,0	Tarkastuspvm. 12.7.2000	Vinous (gon) 12,0
		Hyödyllinen leveys (m) 12,6

Lisätiedot kohteesta



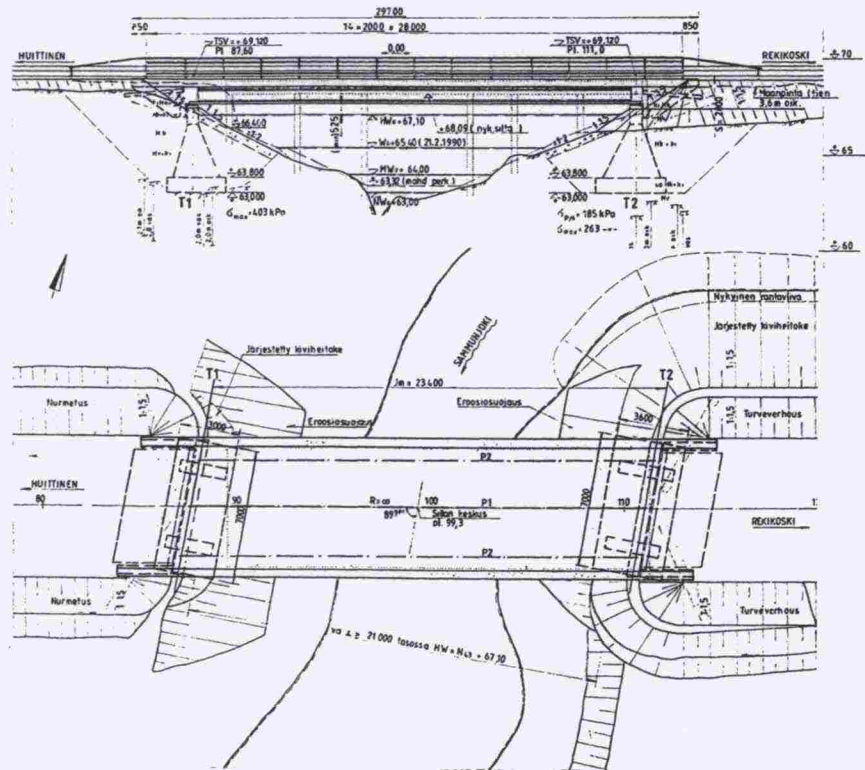
Tarkastuksen tulokset

Itäisen ja läntisen sillan oikean puoleisilla maatuilla on kumilevylaakerit. Itäisen sillan (tasokuvassa alempana) oikean puoleisen maatuen laake-reissa (2 kpl) on sivusiirtymä 12 mm.

2.4.8 Rannan silta

Sillan numero T-2221	Sillan nimi Rannan silta	Kunta Huittinen
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty betoninen palkkisilta, puolielementtirakenteinen		Suunnitelmanumero 13311
Jännemitat (m) 23,4	Tarkastuspvm. 15.12.1994	Vinous (gon) 11,0
		Hyödyllinen leveys (m) 6,5

Lisätiedot kohteesta



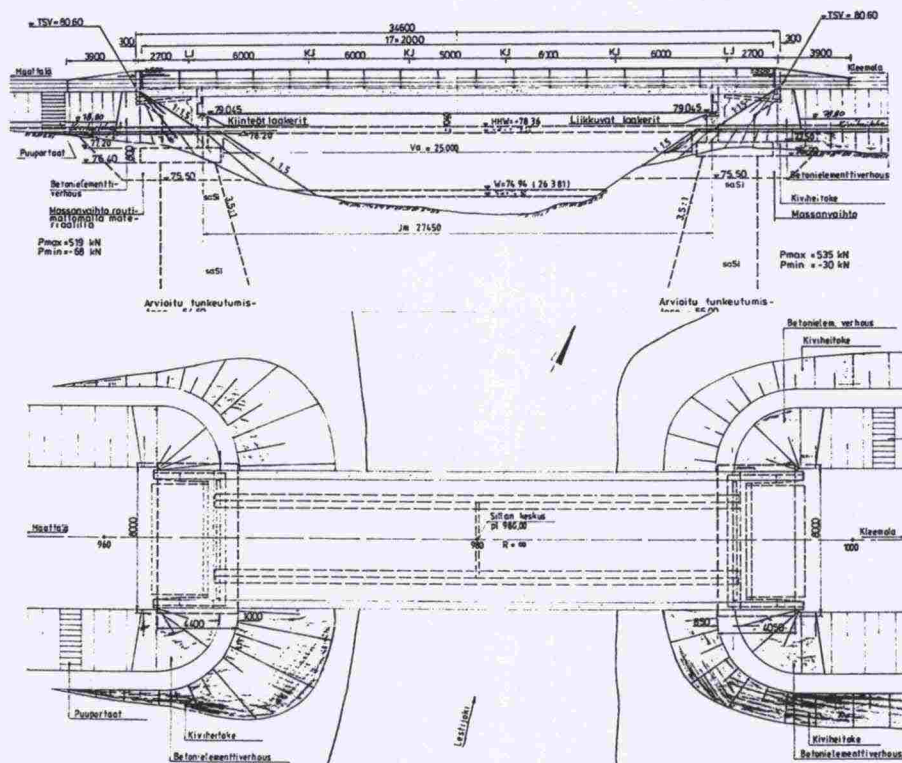
Tarkastuksen tulokset

Kummallakin tuella on 6 kumilevylaakeria. Yhdessä oikean puoleisen maatuen laakereista on sivusiirtymä 4 mm. Sillan muissa laakereissa ei ole sivusiirtymää. Kumi on pursuillut 3 laakerista kummallakin maatuella.

2.4.9 Kleemolan silta

Sillan numero V-3875	Sillan nimi Kleemolan silta	Kunta Toholampi
Alkuperäinen siltatyyppi Teräksinen palkkisilta, betonikantinen, liittorakenteinen		Suunnitelmanumero 11214
Jännemitat (m) 27,5	Tarkastuspvm. 30.5.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 6,6

Lisätiedot kohteesta



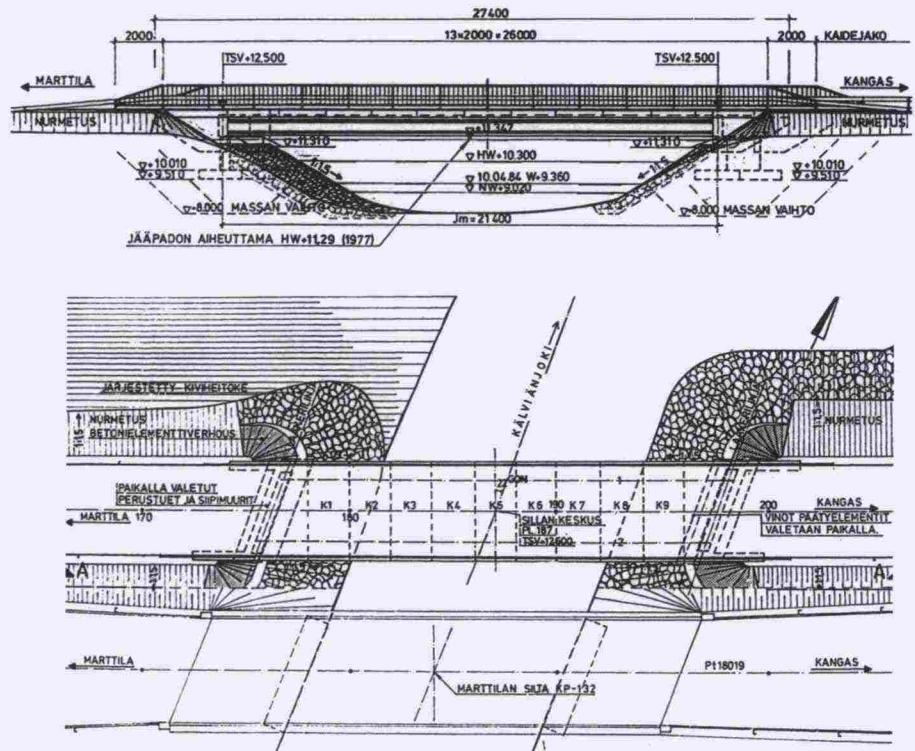
Tarkastuksen tulokset

Kummallakin tuella on 2 kumilevy-laakeria. Vasemman tuen laakerit on lukittu sillan pituussuunnassa kiinteiksi terästappien avulla. Oikean puoleisen tuen laakereissa on 14 mm siirtymä sillan pituussuunnassa. Lisäksi laakereiden reunoissa on 2 mm ja 4 mm raot alustavaluun nähden ja niiden kumi on pursuillut. Toisen laakerin yläosassa on halkeama. Laakerien siirtymä sillan pituussuunnassa on sillan liikepituuteen nähden liian suuri ja lämpötilaan nähden väärään suuntaan. Laskennallinen maksimisiirtymä on noin 6 mm.

2.4.10 Marttilan kevyen liikenteen silta

Sillan numero V-3849	Sillan nimi Marttilan kevyen liikenteen silta	Kunta Kälviä
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty betoninen palkkisilta, elementtirakenteinen		Suunnitelmanumero 11642
Jännemitat (m) 21,3	Tarkastuspvm. 7.6.2000	Vinous (gon) 22,0
		Hyödyllinen leveys (m) 4,4

Lisätiedot kohteesta



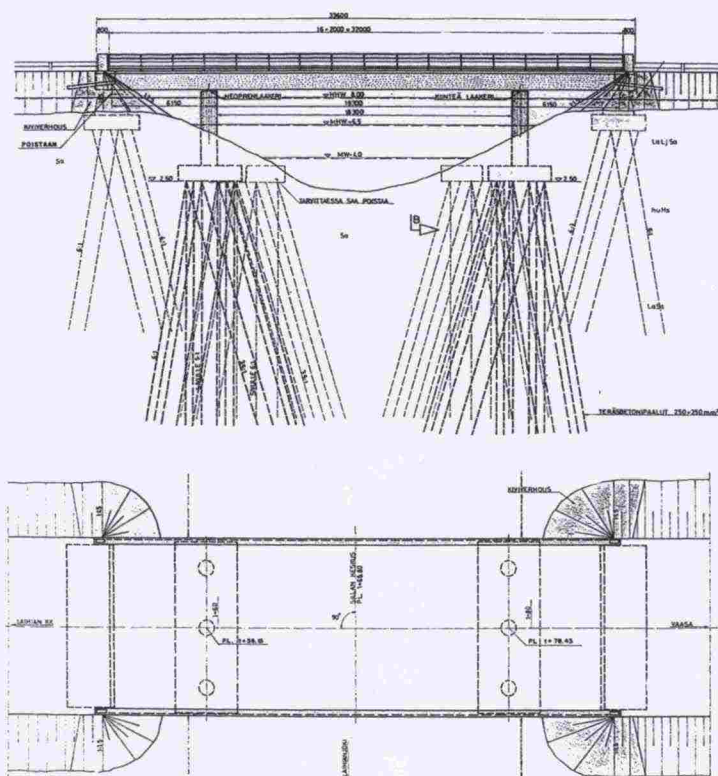
Tarkastuksen tulokset

Molemmilla tuilla on kaksi kumilevy-laakeria. Laakerien muodonmuutosten perusteella päällysrakenne on "pyörinyt" vaakatasossa sillan keskuksen ympäri. Sillan päädyt ovat "pengerpusku" tyyppiä. Laakerien muodonmuutokset ovat lämpötilaan nähden oikeaan suuntaan, mutta liian suuria; -15 mm ja -4 mm sillan pituus- ja poikkisuuntaan vasemmalla maatuessa, sekä n. 12 mm ja n. 14 mm sillan pituus- ja poikkisuuntaan oikealla maatuessa. Sillan liikepituuden perusteella maksimisiirtymä on n. 2 mm. Kumi on pursuillut kaikissa laakereissa.

2.4.11 Rudon silta

Sillan numero V-415	Sillan nimi Rudon silta	Kunta Laihia
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen ulokelaattasilta		Suunnitelmanumero 7882
Jännemitat (m) (6,15)+19,30+(6,15)	Tarkastuspvm. 17.5.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 10,5

Lisätiedot kohteesta



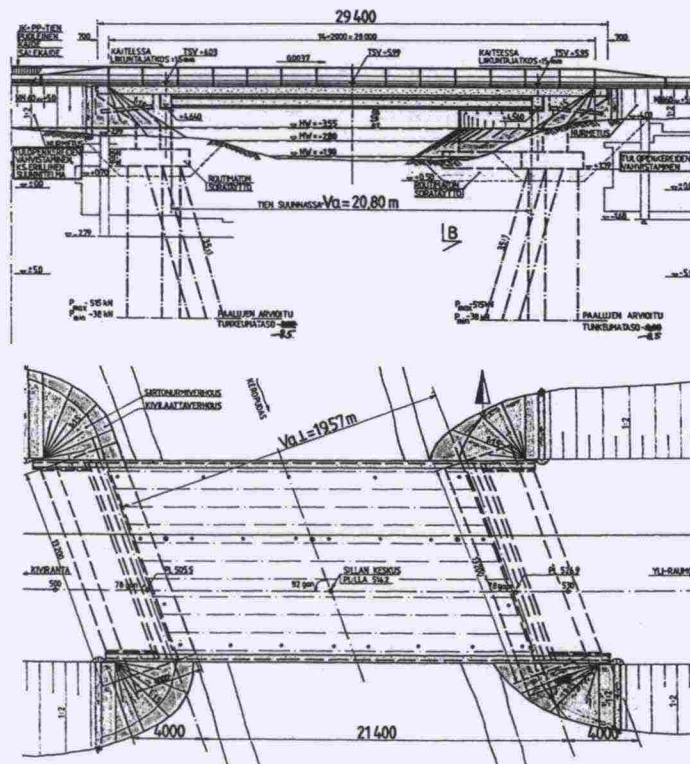
Tarkastuksen tulokset

Vasemman puoleisen välituen pilareissa (3 kpl) on kumilevylaakerit. Oikean puoleisessa välituessa on kiinteät laakerit. Kumilevylaakereissa on noin 30 mm siirtymä sillan pituussuuntaan. Siirtymät ovat lämpötilaan nähden oikeaan suuntaan, mutta liian suuria. Laskennallinen siirtymän maksimiarvo on noin 4 mm. Kumilevylaakereissa on lisäksi sivusiirtymät 8 mm, 4 mm ja 0 mm.

2.4.12 Ulkusaaren silta

Sillan numero L-1866	Sillan nimi Ulkusaaren silta	Kunta Tornio
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty betoninen palkkisilta, puolielementtirakenteinen		Suunnitelmanumero 11923
Jännemitat (m) 21,4	Tarkastuspvm. 27.8.2002	Vinous (gon) 18,0
		Hyödyllinen leveys (m) 11.0

Lisätiedot kohteesta



Tarkastuksen tulokset

Molemmilla tuilla on 11 kumilevylaakeria. Laakerien muodonmuutokset ovat lämpötilaan nähden liian suuret. Kumi on pursunnut 14 laakerissa. Oikean puoleisessa maatuessa kumi on halki 4 laakerissa. Halkeamat ovat kumilevylaakereitten ylimpien lamellien kohdalla.

3 LIIKUNTASAUMARAKENTEET

3.1 Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat

Liikuntasaumalaite on rakenne, joka estää liikuntasaumaan kohdistuvien voimien siirtymisen rakenneosasta toiseen ja sallii rakenneosien liikkeen. Liikuntasaumalaitetta käytetään yleisimmin sillan päällysrakenteen ja maatuen välisessä saumassa.

Pahimmat liikuntasaumalaitteista aiheutuvat ongelmat ovat laitteen kiinnityksen irtoaminen ja vuotavista saumoista alapuolisille rakenteille aiheutuvat korroosiovauriot. Hoidon laiminlyöntien takia liikuntaraot ovat täynnä morkaa, mikä aiheuttaa kumiprofiilin rikkoutumista ja irtoamista. Laitteen kiinnityksen löystyminen tai ajoradan pintaan nähden väärä korkeusasema aiheuttaa häiritsevän kovan äänen ajoneuvojen pyörien osuessa liikuntasaumaan.

Tukikaista on liikuntasaumalaitteen viereen valettu matala koroke, joka estää kunnossapito-kalustoa vaurioittamasta laitetta. Tukikaistat tehdään yleisimmin juotosbetonista, epoksibetonista tai valu- tai kumivaluasfaltista.

Tukikaistojen vaurioita ovat halkeilu, kuluminen ja lohkeilu tai purkautuminen. Liikaa kulunut tai pahoin vaurioitunut tukikaista ei täytä tehtävänsä liikuntasaumalaitteen suojaajana. Kun tukikaistaa ei ole tehty ollenkaan, saumalaite on varsin pian alttiina kunnossapitokaluston törmäyksille päällysteen kuluessa ja purkautuessa laitteen vieressä.

Massaliikuntasauma on liikuntasaumarakenne, joka valmistetaan sekoittamalla kuuma elastinen sideaine kuumennettuun kiviainekseen.

Massaliikuntasauman mahdollisia vaurioita ovat saumarakenteen reunoihin tai keskelle syntyvät halkeamat tai ajourien kohdalle syntyvät painumat.

Seurantatarkastukset tehtiin pääosin siltojen yleistarkastusten yhteydessä vuosina 2000 ja 2001. Tutkittavia asioita olivat liikuntasaumalaitteiden ja tukikaistojen kunto ja vauriot sekä massaliikuntasauman toimivuus ja vauriot. Yhtenäisyyden vuoksi tarkastus ja raportointi tehtiin tarkoitusta varten laadittujen seurantakorttien mukaisesti valokuvien kera. Tarkastetut ja raportoidut asiat ilmenevät yksityiskohtaisesti kohdan 3.2 taulukoista.

3.2 Yhteenveto

Liikuntasaumalaitteita tarkastettiin 214 ja tukikaistoja 143 kpl. Ilman tukikaistaa oli 71 saumalaitetta, joista 47 oli vanhoja turkkilevyrakenteita. Massaliikuntasaumoja tarkastettiin 23 kpl.

Yleisin virhe oli odotetusti liikuntasaumalaitteiden puhdistamatta jättäminen. Vuotavien saumojen määrä on myös hälyttävän suuri siitä huolimatta, että yli puolet niistä on vanhoja turkkilevyjä. Kiinnityksen irtoamisia ja rikkoutuneita tai irronneita kumiprofiileja oli odotettu, joskaan ei hyväksyttävä määrä.

Tukikaistojen yleisin vaurio oli kuluminen, johon yleensä liittyi toisena vauriotyyppinä halkeilu, lohkeilu tai purkautuminen. Valuasfalttitukikaistoissa oli hyvin vähän vaurioita, mutta niiden otos oli pieni ja kaikki olivat varsin uusia. Huono tulos oli se, että joka kolmas liikuntasaumalaite oli kokonaan ilman tukikaistaa, purkautuneen ja lohkeilleen päällysteen antamatta minkäänlaista suojaa iskuja vastaan.

Massaliikuntasaumoissa vauriota oli vain vähän ja ne olivat lieviä.

Yhteenveto tarkastustuloksista on esitetty taulukoissa 3.1, 3.2 ja 3.3.

Taulukko 3.1 Liikuntasaumalaitteet

Laitetyyppi:	Moduuli- liikunta- saumat	R15/DC-7	Matto- liikunta- saumat	Turkkilevy	Liikunta- sauma- nauhat	Yhteensä
Tarkastettu, kpl:	84	36	25	57	12	214
Vauriohavainnot, kpl						
Liikuntaraoissa on moskaa	67	25	13	34	10	149
Kumiprofiili on rikki	8	12	5	0	3	28
Kumiprofiili on irti	7	0	2	0	0	9
Laite ei ole vesitiivis	14	6	13	57	2	92
Laitteen kiinnitys on irti	3	3	11	11	0	28
Laite pitää ääntä	8	3	4	13	0	28
Liikuntarako/-raot kiinni	1	2	0	1	0	4
Liikuntaraot eri kokoisia	1	0	0	0	0	1

Taulukko 3.2 Tukikaistat

Tukikaistan materiaali:	Juotos- betoni	Epoksi- betoni	Valu- asfaltti	Tukikaistat yhteensä	Ei tuki- kaistaa	Kaikki yhteensä
Tarkastettu, kpl:	111	24	8	143	71	214
Vauriohavainnot, kpl						
Halkeamia	36	8	0	44	17	61
Kuluma	56	8	2	66	19	85
Lohkeama tai purkautuminen	26	14	0	40	48	88

Taulukko 3.3 Massaliikuntasaumat

Tarkastettu, kpl:	23
Vauriohavainnot, kpl	
Ei vaurioita	17
Halkeamia sauman reunoissa	2
Halkeamia sauman keskellä	2
Sauman painumaa ajourien kohdalla	2
Massan siirtymää sillan keskeltä reunoihin	0

3.3 Johtopäätökset

Seurantatutkimus todisti aiemminkin tiedossa olevan puutteen, että liikuntasaumalaitteiden hoitoa laiminlyödään pahoin, vaikka ohjeistus ja sopimuksetkin ovat jo pitkään edellyttäneet saumalaitteiden puhdistusta vähintään kaksi kertaa vuodessa. Puhdistamattomuuden ja vaurioiden välillä on selvä syy-yhteys. Kun liikuntaraot ovat täynnä moskaa, kumiprofiili rikkoutuu tai irtoaa epäpuhtauksien välittämistä liikenteen iskuista ja sauma alkaa vuotaa. Seurauksena on, että saumasta valuva suolainen vesi aiheuttaa korroosiovaurioita alapuolisille rakenteille. Liikuntasaumalaitteiden kunnolliseen puhtaanapitoon tulee panostaa, koska se on halpa keino ehkäistä vaurioita ja säästää kunnostus- ja uusimiskustannuksissa. Myös veden pois johtamiseen liikuntasaumalaitteen päältä on kiinnitettävä huomiota.

Kiinnityksen irtoaminen oli yleisintä ruuvikiinnitteisissä Waboflex liikuntasaumalaitteissa, joiden ruuvien kireyttä tulisikin aika ajoin tarkistaa. Turkki-levyissäkin kiinnitysten irtoaminen oli yleistä ja se voi olla erittäin vaarallista, jos teräslevy pääsee nousemaan pystyyn. Turkki-levyjen kiinnipysyvyyttä tulee seurata ja korjata pienetkin irtoamat heti, mutta ensisijainen tavoite on näiden vuotavien rakenteiden korvaaminen vesitiiveillä liikuntasaumalaitteilla. Valukiinnitykset ja laitteen R15/DC-7 ruuvikiinnitys osoittautuivat varsin luotettaviksi.

Juotos- ja epoksibetonista valetuissa tukikaistoissa oli varsin runsaasti pahojakin vaurioita. Niiden korjaaminen on vaikeaa ja kallista ja siksi jää usein tekemättä ajoissa. Niinpä kannattaneekin jatkaa viime aikoina yleistynyttä suuntausta tukikaistojen tekemiseen valuasfaltista, jonka korjaus ja kestävyys seuranta on helpompaa. Valuasfaltin saatavuudessa on ollut ja voi olla edelleen paikallisia eroja. Uuden päällysteen teon yhteydessä on kiinnitettävä huomiota siihen, että valuasfalttinen tukikaista tehdään uudestaan tai sen toimintakunnon säilyminen varmistetaan muulla tavoin.

Kokonaan ilman tukikaistaa olevat liikuntasaumalaitteet tulisi viipymättä suojata tukikaistoilla. Valuasfaltti on näihin tapauksiin sopiva.

Massaliikuntasauma on osoittautunut hyväksi ja oikeaan paikkaan oikein tehtynä toimivaksi rakenteeksi. Mahdolliset vauriotkin ovat helposti korjattavissa alkuperäisellä sideaineella. Muihin liikuntasaumarakenteisiin verrattuna massaliikuntasauma on oivallinen siinä, ettei se muodosta epäjatkuvuuskohdtaa liikuntasauman kohdalle. Päällystystöiden aikana massaliikuntasauman yläosa on kunnostettava.

3.4 Tarkastustulokset rakennetyypeittäin

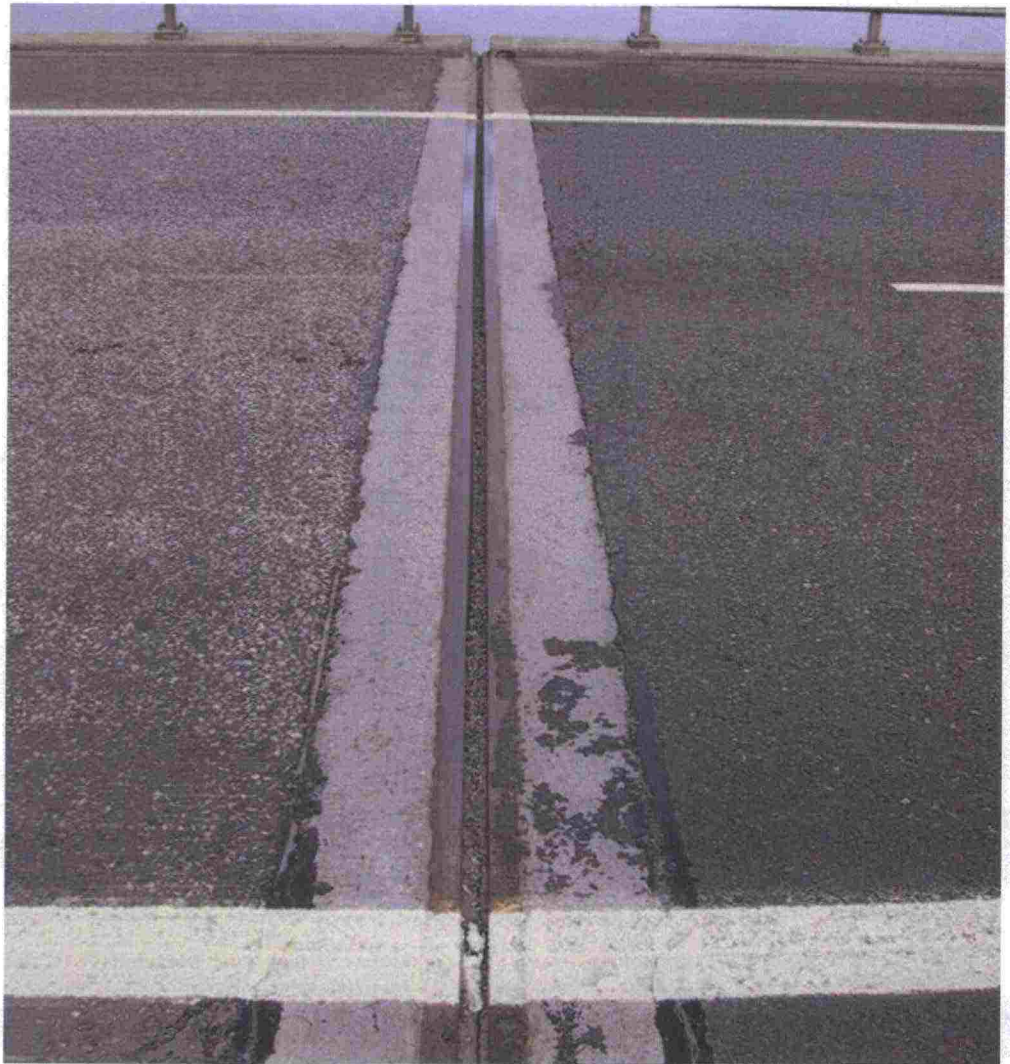
3.4.1 Liikuntasaumalaitteet

Moduuliliikuntasaumat

Tähän ryhmään kuuluvat tuotteet Maurer, Mageba, Recrido, Tensalastic ja Glacier, joista kaksi ensimmäistä olivat tarkastettujen joukossa.

Laitteiden valukiinnitys on tukeva, mutta v-muotoinen kumiprofiili täyttyy helposti moskasta, jolloin kumiprofiili rikkoutuu tai irtoaa ja sauma alkaa vuotaa.

Oikein hoidettuna laitetyyppi on yksi varimmista mekaanisista laitteista.



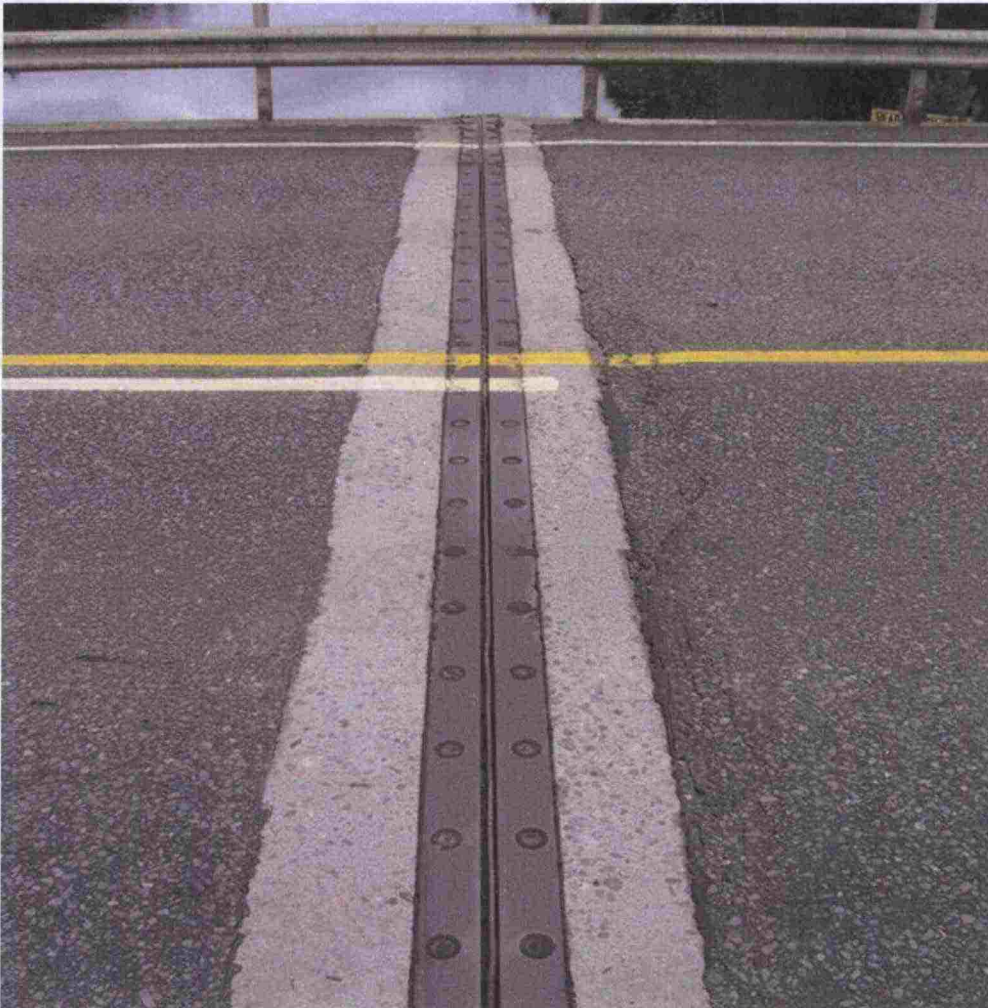
Kuva 3.1 Mageba.

R15/DC-7

R15/DC-7 on Tiehallinnon tyyppipiirustuksen mukaan valmistettu ruuvikiinnitteinen liikuntasaumalaite, joka tunnetaan myös nimellä "malli Lämsä".

Tarkastetuista 36 laitteesta vain kolmen kiinnitys raportoitiin irronneeksi, mikä on hyvä tulos. Tämäkin laitetyyppi on altis hoidon laiminlyöntien aiheuttamalle kumiprofiilin rikkoutumiselle ja siitä johtuvalle sauman vuotamiselle. Kumiprofiilin muodon ja kiinnitystavan ansiosta profiili ei ollut irti yhdessäkään laitteessa.

Tätä laitetyyppiä on käytetty paljon korjaustöissä, joihin sitä voidaan suositella jatkossakin, eikä se ole pois suljettu vaihtoehto uudisrakentamisessakaan.



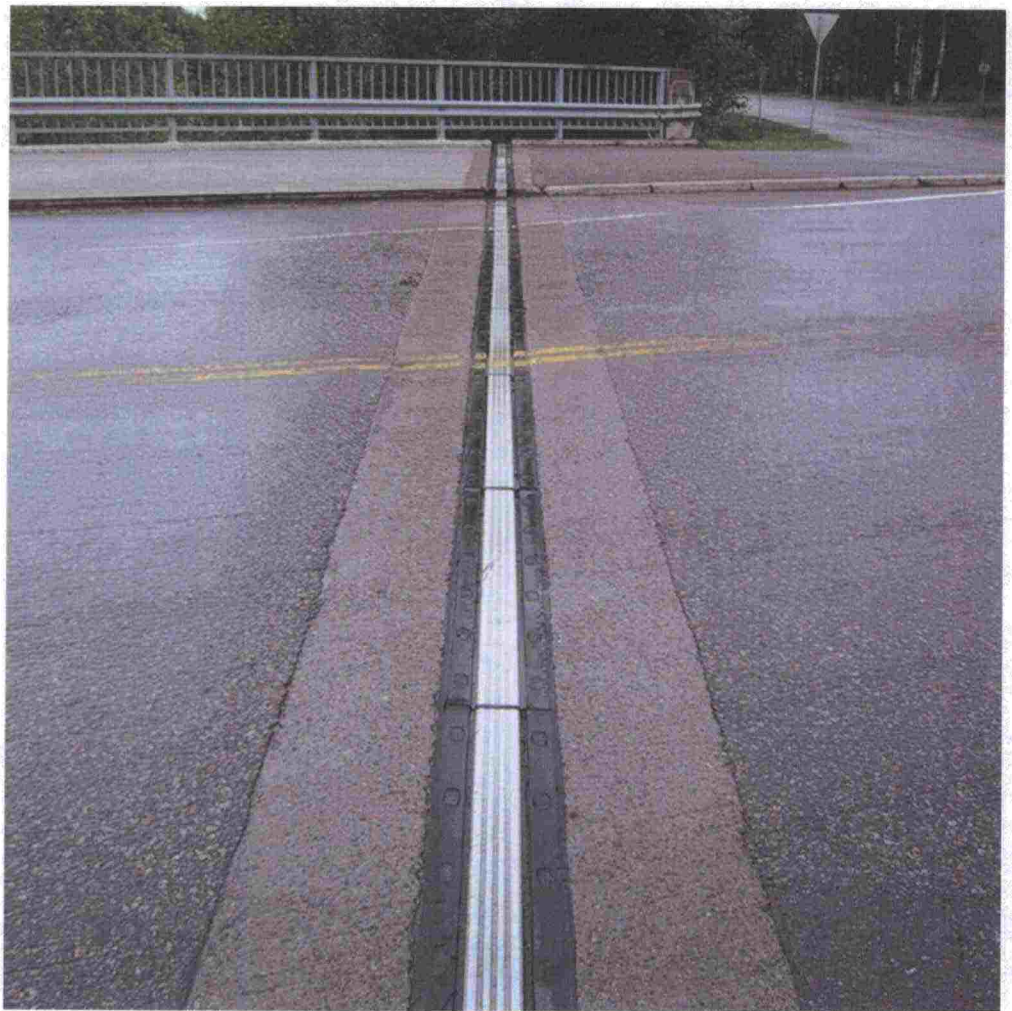
Kuva 3.2 R15/DC-7.

Mattoliikuntasaumat

Tähän ryhmään kuuluvat tuotteet Waboflex, Transflex ja Delastiflex. Kaikki tarkastetut olivat Waboflex laitteita.

Suurin ongelma oli, että näistä periaatteessa vesitiiviistä laitteista puolet eivät olleet vesitiiviitä. Vuodon syynä oli useimmissa tapauksissa irronnut tai löystynyt ruuvikiinnitys, joissakin laitteissa kumiosan vauriot. Rakenteensa vuoksi laite myös pitää ääntä.

Tämän laitetypin valintaa ei suositella ja sen käyttö on ollutkin vähenemässä.



Kuva 3.3 Waboflex.

Turkkilevy

Turkkilevy eli peitelevy on yksinkertainen avoin liikuntasaumalaite, jota ei alunperinkään ole suunniteltu vesitiiviiksi.

Kaikki saumat vuotivat, kiinnityksiä oli irronnut ja teräslevyt kolisivat.

Näistä vanhoista rakenteista tulisi päästä eroon mahdollisimman pian korvaamalla ne vesitiiviillä liikuntasaumalaitteilla.



Kuva 3.4 Turkkilevy.

Liikuntasaumanauhat

Tähän ryhmään kuuluvat pienet liikuntasaumalaitteet, joissa on teräsprofiilin väliin, puristettuun tilaan asennettu kumiprofiili, yleensä Acme saumanauha.

Tarkastetuista 12 saumasta lähes kaikki olivat täynnä moskaa, kolmessa kumi oli rikki ja kaksi niistä oli alkanut vuotaa. Suurin osa oli kuitenkin kunnossa hoitamattomuudesta huolimatta kumiprofiilin vahvuuden ansiosta.

Tämä tyyppi on käyttökelpoinen pienissä saumoissa ja kestäväkin, kunhan saumojen puhdistamisesta vain huolehditaan.

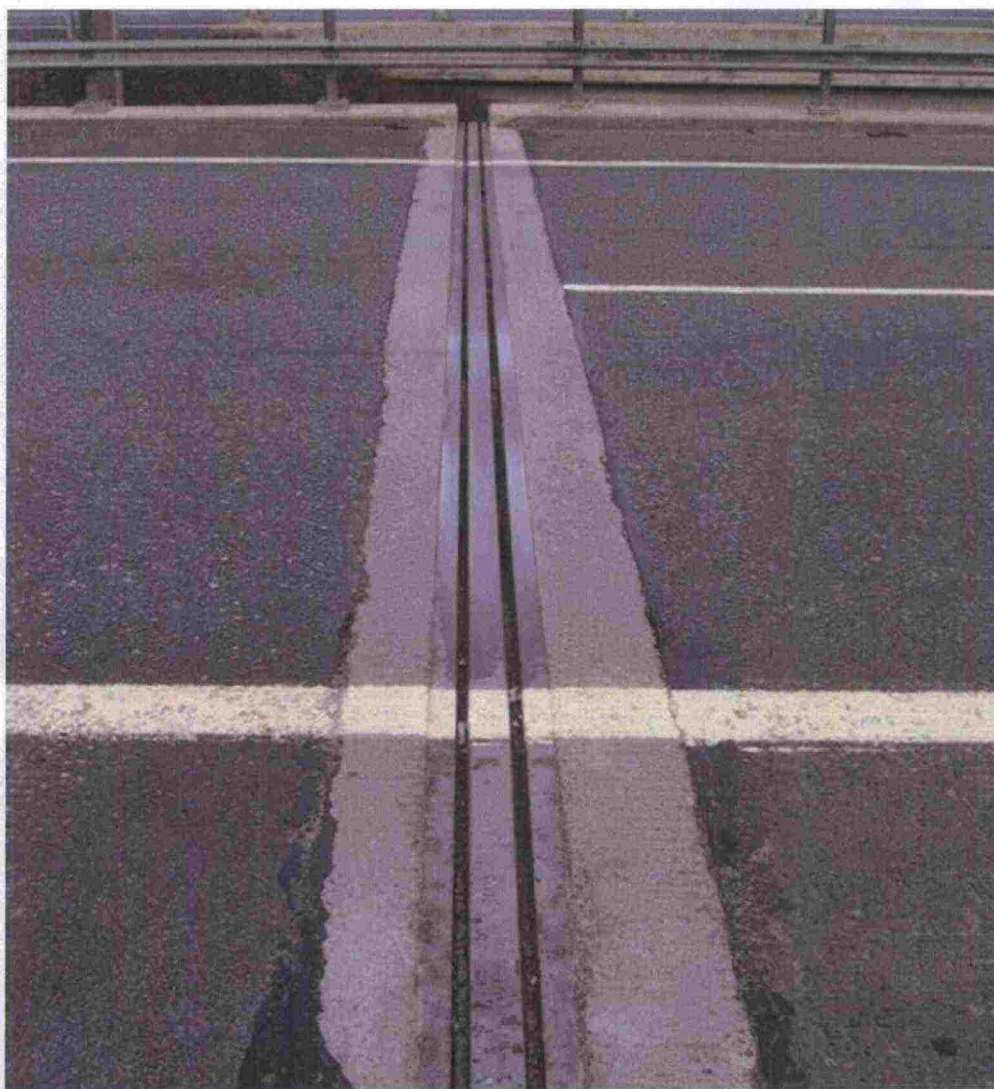


Kuva 3.5 Acme.

3.4.2 Tukikaistat

Juotosbetoni

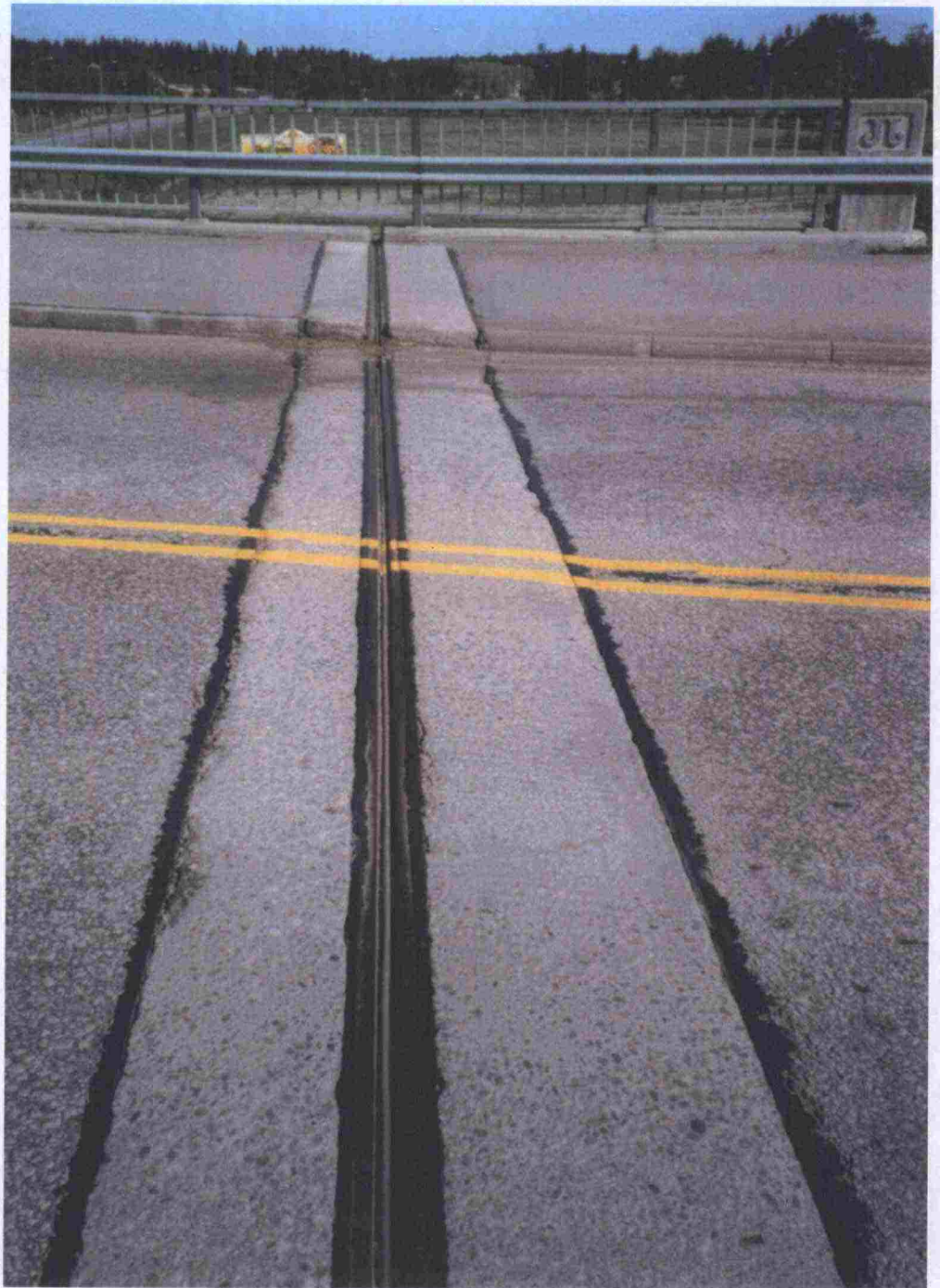
Juotosbetoni on yleisin tukikaistoissa käytetty materiaali. Seurantatutkimuksen perusteella se ei kuitenkaan voi olla viimeinen sana tukikaistoja kehitettäessä, sillä puolet tarkastetuista oli kulunut, kolmannes oli halkeillut ja neljännes lohkeillut.



Kuva 3.6 Juotosbetoninen tukikaista.

Epoksibetoni

Epoksibetonista tehdyt tukikaistat olivat kulumiskestävyydeltään odotetusti parempia kuin juotosbetoni. Halkeilua oli noin kolmanneksessa tarkastetuista. Yllättävää oli lohkeiluvaurioiden suuri määrä.



Kuva 3.7 Epoksibetoninen tukikaista.

Valuasfaltti

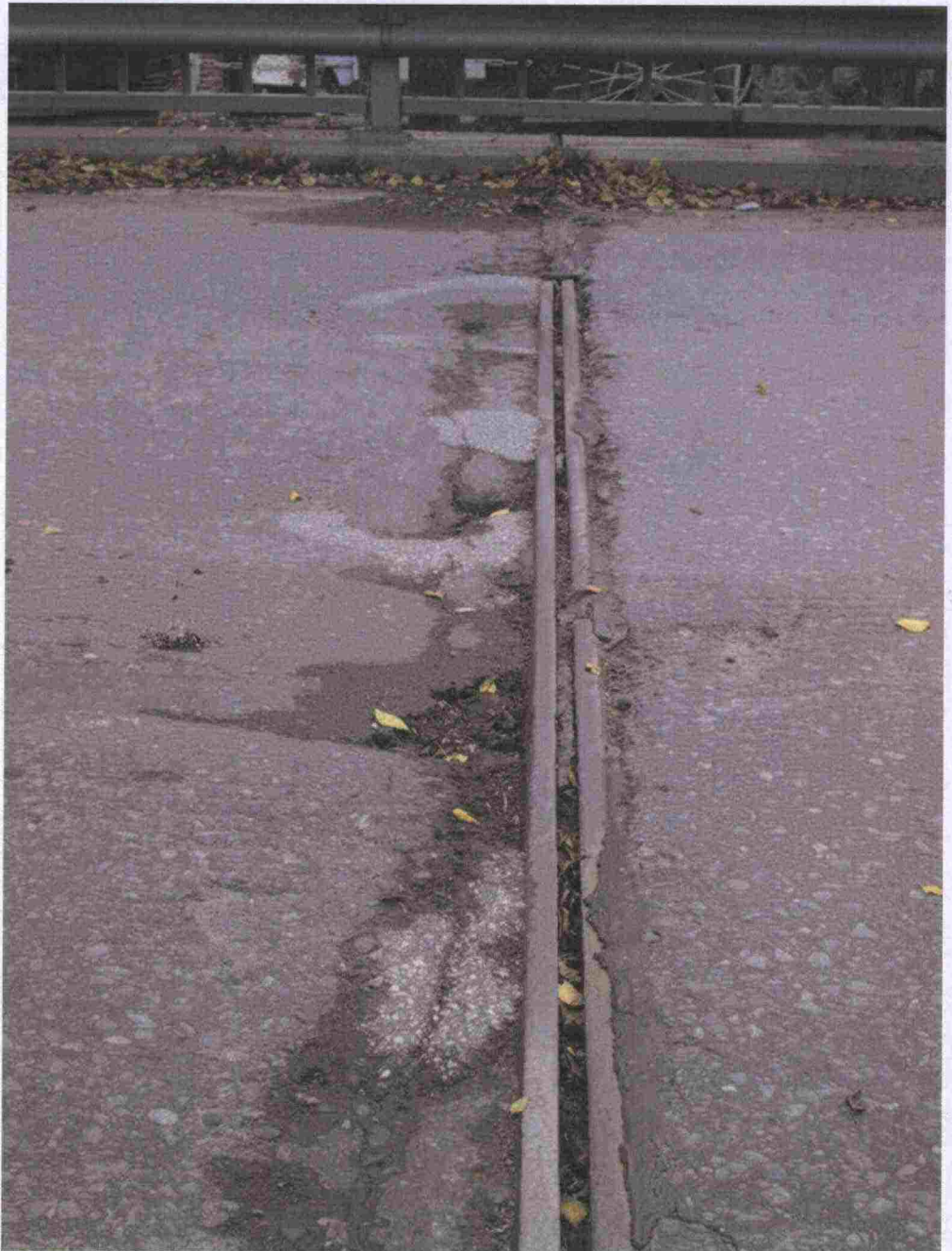
Valuasfalttitukikaistoja osui tutkimukseen vain kahdeksan kappaletta, joista ainoina vaurioina kaksi raportoitiin kuluneeksi.



Kuva 3.8 Valuasfalttitukikaista.

Ei tukikaistaa

Ilman tukikaistaa olevien laitteiden vieressä päällyste oli yleensä hyvin huonossa kunnossa purkautumiseen, halkeiluineen ja kulumisurineen.



Kuva 3.9 Purkautunut päällyste liikuntasaumalaitteen vieressä.

3.4.3 Massaliikuntasaumat

Tarkastetuista 23 massaliikuntasaumasta 17 oli virheetöntä. Halkeamia sauman reunoissa tai keskellä ja lievää painumaa ajourien kohdalla raportoitiin kutakin 2 kpl. Tulos on rohkaiseva.



Kuva 3.10 Massaliikuntasauma.

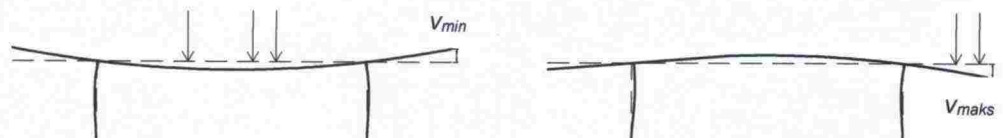
4 PITKÄT ULOKKEET

4.1 Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat

Ulokesiltojen tapauksessa ulokkeen liikkeet aiheuttavat penkereeseen rasi-
tuksia, joista voi seurata sillan ja penkereen liitosalueen vaurioituminen. Li-
kennekuorman aiheuttama pystysuuntainen siirtymä ulokkeen päässä kas-
vaa verrannollisena ulokkeen pituuteen, edellyttäen että päätypalkissa, sii-
pimuureissa ja siirtymälaatatassa vaikuttavat kitkavoimat eivät pidä ulokkeen
päästä paikoillaan. Ulokkeen pään liikkeiden ja raskaiden ajoneuvojen liiken-
netiheyden kasvaessa voidaan olettaa, että liitosalueen vaurioituminen no-
peutuu. Sillan lämpöliikkeet ja muut vaakakuormat rasittavat liitosaluetta
myös sillan pituussuunnassa, joiden vaikutusta on käsitelty Seurantaraportin
osassa 1.

Ulokkeen ja koko sillan rakenteellisen toiminnan mallintamisessa ulokkeen
pään kiinnitysaste vaikuttaa voimasuureisiin. Tarkasteltaessa liikennekuor-
man vaikutusta erityisesti ulokkeen alapinnan mitoittavat taivutusvetorasituk-
set kasvat, jos ulokkeen pää on kiinni penkereessä. Jos ulokkeen pää olet-
taan kiinnitetyksi myös ylöspäin suuntautuvassa liikkeessä ja kuorma sijait-
see kentässä, yläpinnan taivutusvetorasitukset tukialueella sekä pilarien pu-
ristava normaalivoima kasvavat.

Suoritetussa tutkimuksessa mitattiin ulokkeen pään pystysuuntaisten siirty-
mien ääriarvot (kuva 4.1) yksittäisten ajoneuvojen vaikutuksesta. Arvoja on
verrattu laskelmien kautta saatuihin teoreettisiin arvoihin, kun laskentamal-
leissa on oletettu ulokkeen pää vapaaksi. Mittauksia on suoritettu laser-opti-
sella siirtymämittauslaitteistolla (NOPTEL PSM90) ja yhdessä tapauksessa
myös paperista ja kynästä rakennetulla mekaanisella laitteistolla. Ensin mai-
nitulla menetelmällä päästään suotuisissa olosuhteissa millimetrien sadas-
osien tarkkuuteen, kun taas jälkimmäisellä arviolta noin 1 mm tarkkuuteen.
Siltää kuormittavan ajoneuvon paino on joko arvioitu tai laskettu rekisteriot-
tietojen ja kuorman massan perusteella.



Kuva 4.1 Ulokkeen pään pystysuuntaisen siirtymän ääriarvot v_{min} ja v_{maks} ajoneuvon vaikutuksessa.

4.2 Yhteenveto

Mitattuja siltoja on ollut 5 kpl (taulukko 4.1).

Taulukko 4.1 Yhteenveto tarkastetuista silloista

Sillan nimi	Kunta	Jännemitat
Kellosalmen silta	Kannonkoski	(5,0) + 44,0 + (5,0)
Virransalmen silta	Mäntyharju	(8,0) + 38,0 + (8,0)
Kärppäsundin silta	Pernaja	(5,5) + 30,0 + (5,5)
Saarensalmen silta	Kinnula	(8,4) + 50,0 + (8,4)
Björkholmenin silta	Kokkola	(7,7) + 23,0 + (7,7)

Kaikissa tapauksissa asfaltti on ollut halki ulokkeen päiden kohdalta. Missään silloista ei ollut asfalttiin tehtyä liikuntasaumaa sillan päissä. Pakettiauto- ja henkilöautokuormista kaikkien siltöjen ulokkeet olivat pientä tärinää lukuun ottamatta paikoillaan. Kellosalmen ja Saarensalmen sillan mittaukset tehtiin koekuormituksena, käyttäen 26 t painoista 3-akselista kuorma-autoa (kokonaispaino 40 % Lk-I akselikuormasta). Koekuormitusauton ajaessa sillan yli hitaasti ulokkeen siirtymä alas- ja ylöspäin oli näissä kokeissa suuruusluokkaa 0,3 mm, vastaten noin 10...20 % teoreettisesta arvoista. Saarensalmen sillassa mitattiin kuitenkin keskiaukossa teoreettisia arvoja vastaava kohouma, kun koekuormitusauto oli pysähtynyt ulokkeen päällä.

Raskaimmat tukkirekat saivat aikaan Björkholmenin sillan ulokkeen pään siirtymiä, joiden suuruus oli joitain millimetrejä ja jotka vastasivat karkeasti teoreettista arvoa. Tämä silta poikkeaa kuitenkin muista, koska siinä ei ole siipimuureja tai korkeita päätypalkkeja, joiden voidaan olettaa lisäävän kitkaa ja ulokkeen pään kiinnitysastetta dynaamisessa liikennekuormituksessa.

4.3 Johtopäätökset

Suoritettujen tarkastusten perusteella siltöjen ulokkeiden päiden siirtymät ja kiinnitysasteet näyttävät vaihtelevan suuresti. Raskaiden ajoneuvojen kuormituksessa ulokkeet voivat joissain tapauksissa pysyä lähes paikoillaan, kun taas erikoisrakenteisessa Björkholmenin sillassa mitattiin vapaalle ulokkeelle laskettuja arvoja vastaavia siirtymiä. Saarensalmen sillan mittaustulosten perusteella ajoneuvon nopeus vaikuttaa ulokkeen päähän syntyvään siirtymään. Ulokkeelle pysäköity raskas ajoneuvo sai aikaan teoreettista arvoa vastaavan siirtymän sillan puoliväliin, vaikka ulokkeen kiinnitysaste havaittiin liikkuvassa koekuormituksessa lähes jäykäksi.

Mittausten perusteella ei löydetty eroa ulokkeen pään kiinnitysasteelle alaspäin (kuorma ulokkeella) ja ylöspäin suuntautuvan liikkeen (kuorma keskiaukossa) välillä. Kuorman poistumiseen ja saapumiseen ulokkeelle liittyy nopea sysäys, jossa siirtymä ylös- ja alaspäin on samaa suuruusluokkaa.

Tarkasteltujen ulokkeiden pituus oli suuri. Lyhyempien ulokkeiden tapauksessa voidaan olettaa, että sillan ulokkeen kiinnitysaste on alhaisempi.

Ulokkeen pään kiinnitysasteella voidaan olettaa olevan merkitystä erityisesti käyttörajatilan halkeamaleveydestä tarkastelussa lyhytvaikutteisille kuormille. Sil-
lan käyttäytymisestä murtorajatilatilassa ei nyt tehdyn tutkimuksen perusteel-
la voida vetää johtopäätöksiä.

Nykyisen Tiehallinnon ohjeistuksen mukaan ulokkeelliset sillat mitoitetaan olettaen siirtymäjäykä tai vapaa tuenta ulokkeen päähän määräävän vaiku-
tuksen mukaan. Ulokkeen päätä ei kuitenkaan tarvitse olettaa tuetuksi kuor-
mitustapauksissa, jossa ulokkeen pää pyrkii nousemaan ylöspäin. Tarvitta-
essa lisätutkimuksia käyttäen voitaisiin selvittää tulisiko suunnittelukäytäntöä
muuttaa siten, että käyttörajatilatarkastelussa ulokkeen pää voi olla pysty-
suunnassa kiinni tukemattoman ulokkeen liikkeen suunnasta riippumatta.
Siltoihin, joilla raskaiden ajoneuvojen liikennetiheys on pieni, olisi mittaus-
teknisessä mielessä erikseen järjestettävä raskas ajoneuvo kuormaksi.

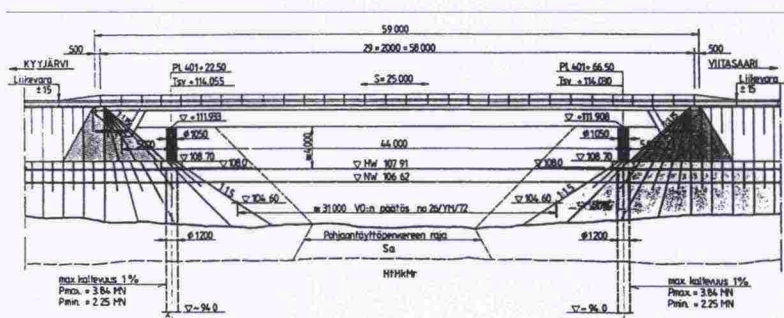
Tiehallinnon suunnitteluohjeissa ulokkeen maksimipituus on rajoitettu pää-
teillä arvoon 2,5 m. Nyt suoritettun tutkimuksen perusteella myös suuremman
raja-arvon käyttöä voitaisiin tutkia niiden siltojen tapauksissa, joissa on kor-
keat päätypalkit, siirtymälaatat ja pitkät siipimuurit. Pitkien ulokkeiden käytön
rajoittamista pääteillä voidaan kuitenkin pitää oikeana ratkaisuna raskaiden
ajoneuvojen liikennetiheyden ja siihen oletettavasti verrannollisen ulokkeen
ja penkereen välisen rajapinnan vaurioitumisnopeuden takia.

4.4 Tarkastustulokset silloittain

4.4.1 Kellosalmen silta

Sillan numero KeS-1076	Sillan nimi Kellosalmen silta	Kunta Kannonkoski
Alkuperäinen siltatyyppi Teräksinen ulokepalkkisilta, liittorakenteinen		Suunnitelmanumero 7497
Jännemitat (m) (5,0) + 44,0 + (5,0)	Tarkastuspvm. 23.11.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,5

Lisätiedot kohteesta



Tarkastuksen tulokset (jatko)

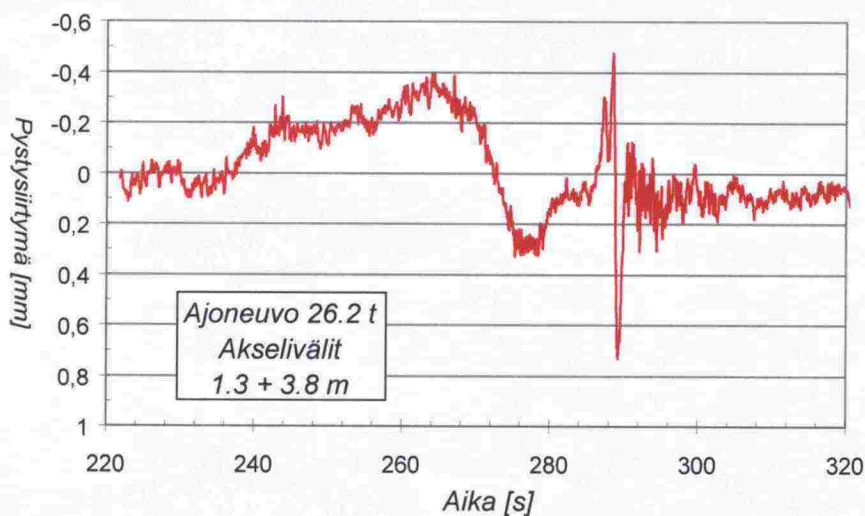
Koekuormitusajoneuvon saapuessa ulokkeelle, tai lähtiessä sen päältä pois voidaan mittaustuloksissa havaita sysäys, jonka aikana ulokkeen pään siirtymä alas- ja ylöspäin on samaa suuruusluokkaa, ja jossa ulokkeen siirtymä saavuttaa ääriarvonsa (kuva).

Laskennallinen staattinen ulokkeen siirtymä koekuormitusajoneuvosta on noin

$$v_{\text{maks}} = 0,8 \text{ mm}$$

$$v_{\text{min}} = -1,8 \text{ mm}$$

*Kellosalmen silta: pystysiirtymä siipimuurin päässä
testiajoneuvon ylittäessä sillan hitaasti*

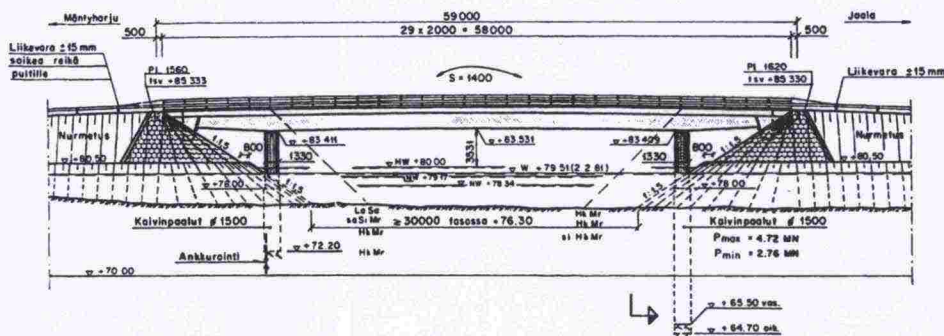


Kuva: Esimerkki mittaustuloksesta.

4.4.2 Virransalmen silta

Sillan numero KaS-2744	Sillan nimi Virransalmen silta	Kunta Mäntyharju
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty betoninen ulokepalkkisilta		Suunnitelmanumero 11427
Jännemitat (m) (8,0) + 38,0 + (8,0)	Tarkastuspvm. 29.10.1999	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,5

Lisätiedot kohteesta



Suunnitelman mukaisten siirtymälaittojen pituus on 5,0 m.

Tarkastuksen tulokset

Mittaukset tehtiin laser-mittarilla syksyisissä olosuhteissa (kuva). Tarkasteluaikana ulokkeen siirtymiä voitiin tarkastella eri tyyppisille ajoneuvoille, mukaan lukien kuormattu tukkirekka. Mittaustulosten perusteella paketti-auto-luokan kuorma ei aiheuttanut ulokkeeseen mitattavissa olevia siirtymiä. Auton ylitykseen liittyy kuitenkin pientä tärinää, maksimiampplitudien ollessa 0,2 mm luokkaa. Lastattu tukkirekka aiheutti voimakkaampaa tärinää, mutta ulokkeen siirtymää ei saatu mitattu tietokonevirheen johdosta.

Asfaltti oli vaurioitunut sillan molemmissa päissä.

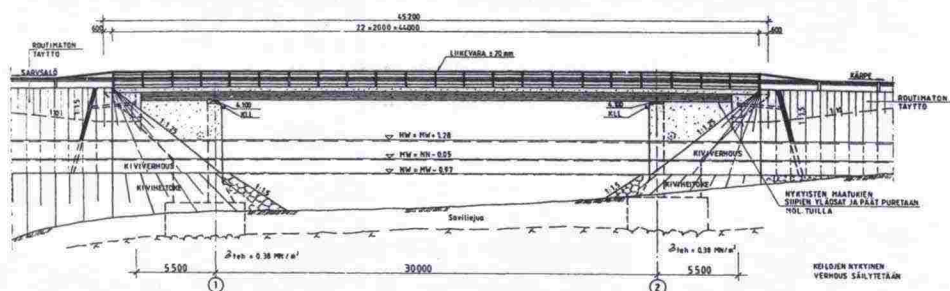


Kuva: Koejärjestely Virransalmen sillan mittauksissa.

4.4.3 Kärppäsundin silta

Sillan numero U-1819	Sillan nimi Kärppäsundin silta	Kunta Pernaja
Alkuperäinen siltatyyppi Liittorakenteinen ulokepalkkisilta	Suunnitelmanumero 13917	
Jännemitat (m) (5,5) + 30,0 + (5,5)	Tarkastuspvm. 29.10.1999	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,5

Lisätiedot kohteesta



Suunnitelman mukaisten siirtymälaattojen pituus on 3,0 m.

Tarkastuksen tulokset

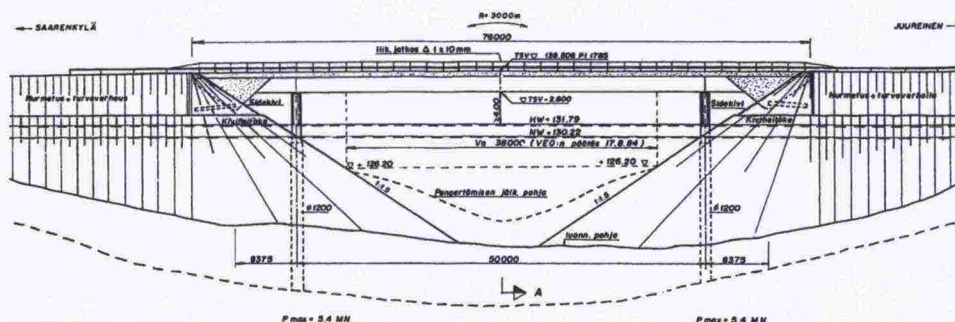
Mittaukset tehtiin laser-mittarilla syksyisissä olosuhteissa. Silta sijaitsee vähäliikenteisellä tieosalla, ja tarkasteluajana ulokkeen siirtymiä voitiin tarkastella vain pakettiautoja vastaaville kuormille. Mittaustulosten perusteella pakettiautot eivät aiheuttaneet ulokkeeseen mitattavissa olevia siirtymiä. Auton ylitykseen liittyy kuitenkin pientä tärinää, maksimiamplitudien ollessa 0,2 mm luokkaa.

Asfaltti oli vaurioitunut sillan molemmissa päissä.

4.4.4 Saarensalmen silta

Sillan numero KeS-1093	Sillan nimi Saarensalmen silta	Kunta Kinnula
Alkuperäinen siltatyyppi Teräksinen ulokepalkkisilta, liittorakenteinen	Suunnitelmanumero 11347	
Jännemitat (m) (8,4) + 50,0 + (8,4)	Tarkastuspvm. 23.11.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,5

Lisätiedot kohteesta



Suunnitelman mukaisten siirtymälaittojen pituus on 5,0 m.

Tarkastuksen tulokset

Mittaukset tehtiin laser-mittarilla talvisissa olosuhteissa koekuormituksena, käyttäen 26 t painoista 3-akselista kuorma-autoa. Ulokkeen pään maksimi- ja minimisiirtymä oli näissä kokeissa noin 0,2 mm ja -0,4 mm, vastaavasti.

Koekuormitusajoneuvon saapuessa ulokkeelle, tai lähtiessä sen päältä pois voidaan mittaustuloksissa havaita sysäys, jonka aikana ulokkeen pään siirtymä alas- ja ylöspäin on samaa suuruusluokkaa.

Esimerkki mitatusta ulokkeen pään siirtymästä on esitetty oheisessa kuvassa. Lisäksi mitattiin siirtymä sillan puolivälistä siten, että mittauspiste oli kannen reunassa kaiteen yläjohteen tasolla. Mittauksia suoritettiin koekuormitusajoneuvon ollessa sillan ajoradan molemmilla kaistoilla. Näitä mittaustuloksia on hyödynnetty siirtymän teoreettisen arvon laskennassa. Mittaustuloksista voidaan lisäksi nähdä, että sillan keskiosa nousee ylöspäin -2,8 mm koekuormitusajoneuvon ollessa pysähtyneenä ulokkeen ja siirtymälaitan päällä.

Laskennallinen staattinen ulokkeen siirtymä koekuormitusajoneuvosta on

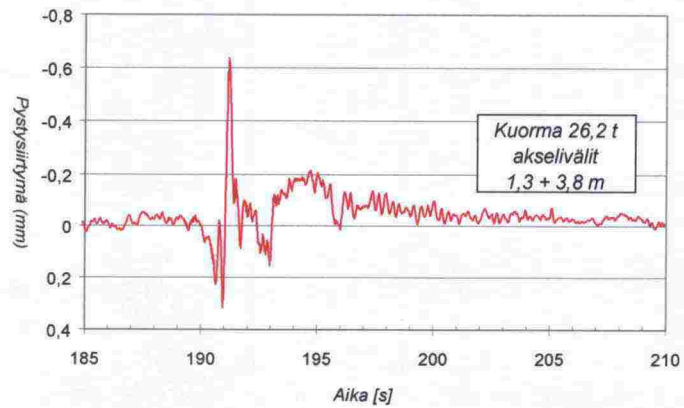
$$v_{\text{maks}} = 2,3 \text{ mm}$$

$$v_{\text{min}} = -2,2 \text{ mm}$$

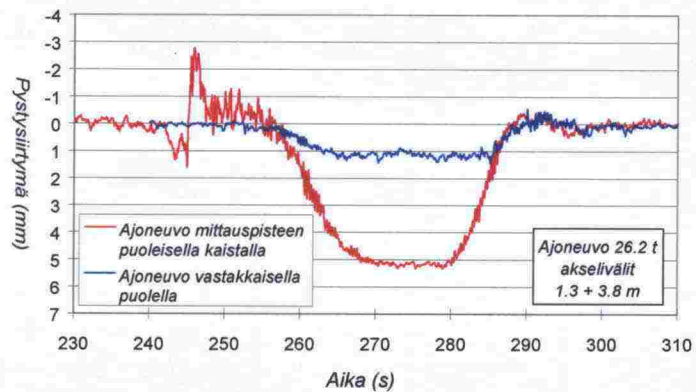
Asfaltti on halkeillut sillan molemmissa päissä (kuva).

Tarkastuksen tulokset (jatko)

Saarensalmen silta: siipimuurin pään pystysiirtymä,
testiajoneuvon nopeus 60 km/h (16,7 m/s)



Saarensalmen silta, pystysiirtymä keskiaukon puolivälissä,
mittauspiste kaiteessa



Kuva: Esimerkkejä mittaustuloksista ulokkeen päässä ja keskiaukossa.

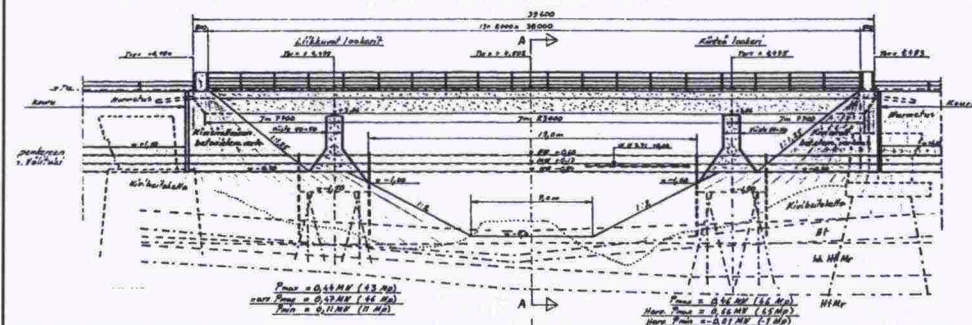


Kuva: Ulokkeen pään päällysteen paikattua halkeilua.

4.4.5 Björkholmenin silta

Sillan numero V-1373	Sillan nimi Björkholmenin silta	Kunta Kokkola
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen ulokkeellinen ontelolaatta	Suunnitelmanumero 8361	
Jännemitat (m) (7,7) + 23,0 + (7,7)	Tarkastuspvm. 18.5.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 10,5

Lisätiedot kohteesta



Sillassa ei ole suunnitelman mukaan päätypalkkeja eikä siipimuureja. Siirtymälaattojen suunnitelman mukainen pituus on 3,0 m.

Tarkastuksen tulokset

Tarkastusaikana sillan taipuma voitiin mitata useille kymmenille ajoneuvoille. Suurimpia yhdistelmäajoneuvoja oli 10-20. Suurin osa näistä oli tyhjiä tai hakeella kuormattuja. Yksi selvästi raskaammin kuormattu yhdistelmäajoneuvo ylitti siltapaikan ja lisäksi kaksi täysin kuormattua tukkiajoneuvoa. Lisäksi siltapaikkaa ylitti yksi raskaasti kuormattu kuorma-auto ja muutama linja-auto. Henkilö- ja pakettiautoja oli runsaasti, mutta niiden vaikutuksesta ei syntynyt mitattavia taipumia.

Mitatut taipumat vaihtelivat 1 - 4 mm:n välillä. Mittaus tehtiin tukemalla kynä sillan viereen maakerrokseen upotettuun laudanpalaseen. Mittatarkkuuden arvioidaan olevan ± 1 mm. Mahdollinen maapohjan painuminen sillan vieressä lisää epätarkkuutta. Merkittävää maapohjan painumista ei kuitenkaan pidetä todennäköisenä.

Sillan pään ja maapenkereenväliin ei ole tehty asfalttisaumaa. Päällysten halkeama (kuva) oli Pietarsaaren puoleisessa päässä suurempi kuin Kokkolan puoleisessa päässä. Tätä voidaan pitää luonnollisena, koska Kokkolan puoleinen välituki on tuettu kiinteästi lyijylevylaakereilla ja terästapeilla. Mittauksessa tuli myös vaikutelma siitä, että taipumat olivat Pietarsaaren puoleisessa päässä 0,5 - 1 mm suuremmat kuin Kokkolan puoleisessa päässä.

Tarkastuksen tulokset (jatko)

Mitatut taipumat olivat seuraavat:

<i>Tyyppi</i>	<i>Kuorma</i>	<i>V_{maks}</i>	<i>V_{min}</i>
Yhdistelmä	Täynnä 60 tonnia	3...4 mm	-2...-3 mm
	Tyhjä 20 tonnia	1 mm	-1 mm
Rekka	Täynnä 30 tonnia	2 mm	-2 mm
	Tyhjä 10 tonnia	1 mm	-1 mm
Linja-auto	14 tonnia	1...2 mm	-1 mm
Henkilö- tai pakettiauto	2 tonnia	0 mm	0 mm

Lasketut taipumat 60 tonnin yhdistelmäajoneuvolle on $v_{maks} = 6$ mm ja $v_{min} = -3,5$ mm. Todellinen taipuma on ollut hyvin lähellä mitattua taipumaa. Varmuudella ei voi sanoa johtuvatko pienemmät taipumat uloketta ympäröivän maan ja sillan pään siirtymäläatan vaikutuksesta vai siltaa ylittäneiden ajoneuvojen 60 tonnia pienemmästä painosta.



Kuva: Asfaltin halkeama.

5 JÄLKIJÄNNITTÄMÄLLÄ VAHVENNETUT SILLAT

5.1 Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat

Siltöjen jälkijännityksellä pyritään tyypillisesti lisäämään vanhojen siltöjen kantavuutta, rajoittamaan teräsbetonisiltöjen halkeamaleveyksiä ja oikaisemaan päällysrakenteen painumia. Poikkeustapauksissa voidaan joutua paikkaamaan sillan suunnittelussa ja rakentamisessa tapahtuneita virheitä. Siltöjen vahventaminen jälkijännittämällä on vaativa suunnittelutehtävä, jossa tarkasteltavia kysymyksiä ovat esimerkiksi:

- jätteiden ankkurointi ja ohjausvoiman siirtäminen rakenteeseen
- jännevoiman häviöt viruman ja relaksaation seurauksena
- geometriamuutokset jälkijännittämisen aikana
- geometriamuutokset virumasta ja muista syistä jälkijännittämisen jälkeen
- uuden ja vanhan betonirakenteen väliset tartunnat
- uuden betoniosan kutistuman aiheuttamat räsitukset
- paikalliset jännityskeskittymät ja epäkeskisyysrasitukset
- jätteiden korroosiosuojaus
- vaatimukset liikennejärjestelyille muutostöiden aikana
- lisättävien rakenteiden ja korjausten vaikutukset sillan ulkonäköön ja vaapaaseen alikulkukorkeuteen.

Jälkijännittämällä vahvennettuja siltöja on Tiehallinnolla arviolta noin kymmenen kappaletta. Vahventamisen onnistumista on seurattu erillisillä tutkimuksilla. Näissä tavanomaisin menetelmä on jännittämistöiden aikaiset ja sen jälkeiset sillan korkeusaseman tarkemittaukset, vaaitukset. Tätä seurantatäraporttia varten on analysoitu olemassa olevaa tutkimusaineistoa ja vahventamissuunnitelmia sekä tehty lisätutkimuksia valituissa kohteissa.

5.2 Yhteenveto

Tarkasteltuja siltöja on 5 kappaletta (taulukko 5.1) ja ne ovat kaikki tyypiltään jatkuvia teräsbetonisia kotelopalkkeja.

Taulukko 5.1 Tarkastetut sillat

Sillan nro	Sillan nimi	Vahventamisvuosi	Alkuperäinen siltätyyppi	Jännemitat (m)
U-2975 S	Koskelan vesistösilta, Helsinki	1980	Jännitetty tb, kotelopalkkisilta	26,0+39,0+26,0
H-1124	Murhasaaren silta, Nokia	1999	Teräsbetoninen kotelopalkkisilta	26,0+52,0+26,0
H-701	Nokianvirran silta, Nokia	1975	Teräsbetoninen kotelopalkkisilta	27,0+52,0+38,0+1,1+12,0+12,0
O-200	Puodinkosken silta, li	1998	Teräsbetoninen kotelopalkkisilta	41,0+52,0+41,0
O-201	Helsinginkosken silta, li	2000	Teräsbetoninen kotelopalkkisilta	41,0+52,0+41,0

Murhasaaren, Puodinkosken ja Helsinginkosken sillat on vahvennettu saman tyyppisen suunnitelman mukaan. Jälkijännittämiseen käytettävät jätteet kulkevan kotelon läpi päätypalkista päätypalkkiin. Jätteet on sijoitettu muoviputkiin. Ankkurointia varten sillan päätyjä on vahvennettu uusilla teräsbetonipalkeilla. Jätteiden ohjausvoima siirtyy kotelon väliseinien kautta. No-

kianvirran silta on vahvennettu samalla periaatteella – siinä kuitenkin jänteet on ankkurointi kotelon uloimpien solujen sisälle rakennettuihin teräsbetonirakenteisiin. Tutkimuksessa ei havaittu em. vahventamistratkaisussa suurempia ongelmia. Vaaitustulosten perusteella jännevoima on säilynyt rakenteessa. Jännevoima on useimmissa tapauksissa aiheuttanut päällysrakenteen painuman muutoksen kohoumaksi. Ainakin Murhasaaren sillassa päällysrakenteen muodonmuutoksiin vaikuttaa viruman lisäksi suurempien halkeamien kiinni meneminen jännevoiman seurauksena. Kotelon väliseinissä havaittiin Puodinkosken sillassa joitain halkeamia. Helsinginkosken sillassa väliseiniä oli paikoin jouduttu vahventamaan teräsosilla jänteiden läpivientien kohdilla. Muista silloista väliseiniä ei tutkittu.

Koskelan eteläinen vesistöilta on vahvennettu vanhan kotelon ulkopuolelle sijoitettujen jänteiden avulla. Jänteiden ankkurointia varten on rakennettu L-muotoiset teräsbetonipalkit kotelon alakulmiin välitukien kohdalle. Sillan kotelot ovat L-palkkeja ja niiden kiinnitystä hyödyntäen jälkijännitetty myös poikki- ja pystysuuntaan. Vaaitustulosten ja silmäämääräisen tarkastuksen perusteella vahventamistrakaisu näyttää toimivan suunnitellusti. Mittaustulosten mukaan jännevoima on säilynyt hyvin poikittaisissa jänteissä.

5.3 Johtopäätökset

Tiehallinnon silloissa vahventamissuunnitteluun ja työn toteutukseen on kiinnitetty erityistä huomiota. Samoin on kiinnitetty huomiota näiden siltojen seurantaan jälkijännityksen aikana ja sen jälkeen. Tämä panostus on ilmeisen hyödyllistä, koska suurempia puutteita tai virheitä ei kohteissa havaittu.

Neljä viidestä tarkastetuista silloista oli vahvennettu saman tyyppisen suunnitelman mukaan viemällä jänteet kotelon läpi sillan päästä päähän. Tätä voidaan pitää yksinkertaisena ja varmana jälkijännittämistrakaisuna niissä silloissa, jossa se on kotelon geometrian johdosta mahdollista toteuttaa. Ratkaisun heikkona kohtana voidaan pitää kotelon väliseinien kestävyyttä jänteiden ohjausvoimalle. Väliseinien vahventaminen jänteiden läpivientien kohdalla tulisikin ottaa huomioon sillan vahventamissuunnitelmassa.

Koskelan eteläisen vesistösillan vahventamistrakaisu on monimutkaisuudessaan muista poikkeava. Se sisältää statiikaltaan vaikeasti mallinnettavissa olevia yksityiskohtia, joissa suunnitteluvirheiden mahdollisuudet korostuvat johtuen laskentamallien puutteellisuuksista. Vahventamistyön toteuttaminen voidaan arvioida hyvin työlääksi. Vahventamistrakaisu on esimerkki kohteesta, jossa sillan estetiikka on jouduttu uhraamaan rakenneteknisten kysymysten johdosta. Monimutkaisuudestaan huolimatta vahventamistrakaisu näyttää toimivan suunnitellusti. Se tulee kuitenkin ymmärtää soveltuvaksi vain poikkeustapauksiin.

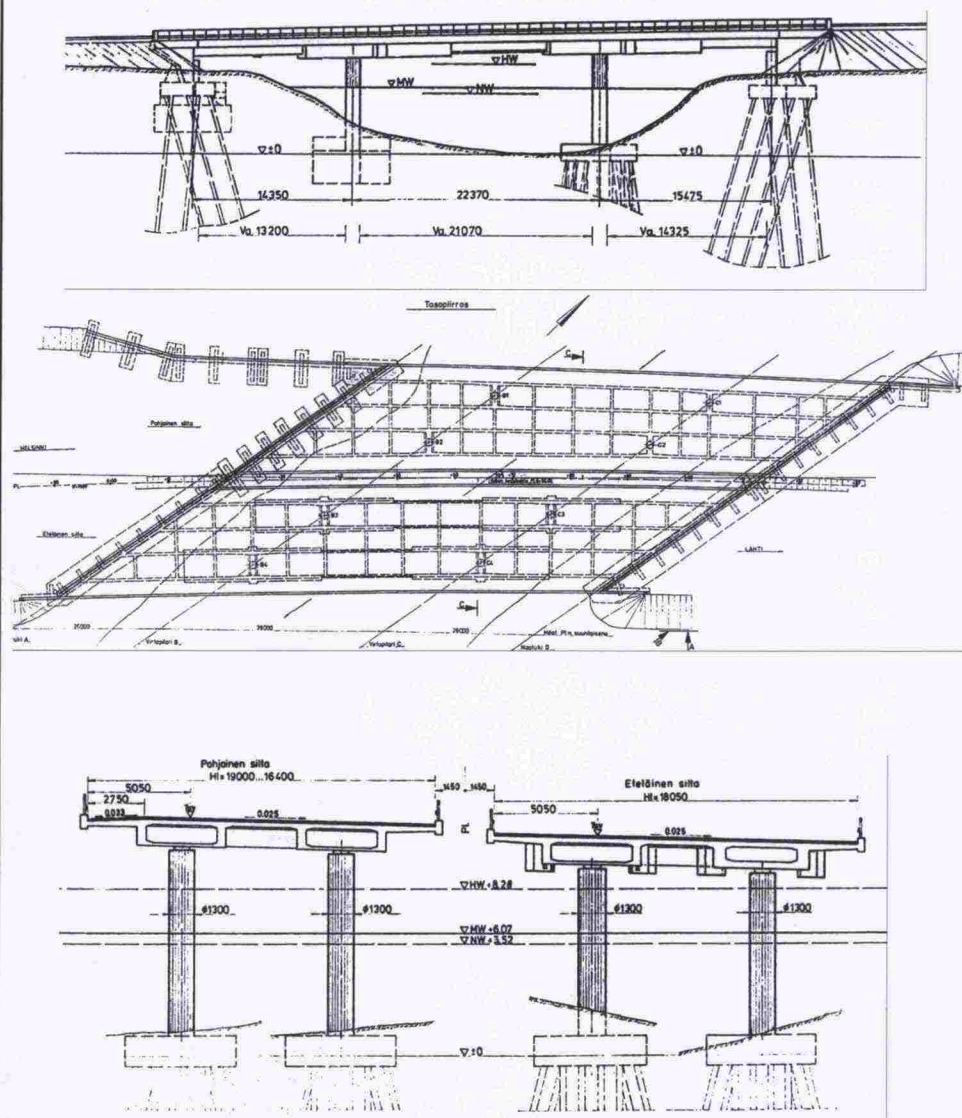
Vaaitustulosten perusteella jälkijännitetyn ja halkeilleen jatkuvan teräsbetonisillan luotettava taipumatarkastelu ajan funktiona edellyttäisi hyvin yksityiskohtaisen laskentamallin laatimista. Teoreettisia syitä tähän ovat esimerkiksi halkeamien kiinni meneminen ja siitä seuraavat jäykkyyden ja neutraaliakselin sijainnin muutokset. Lisäksi kuormituksen pitkäaikaisuus ja viruman suunta voi muuttua ajan mukana esimerkiksi lisäpäällysteen teon tai jännevoiman häviön seurauksena.

5.4 Tarkastustulokset silloittain

5.4.1 Koskelan vesistösilta, eteläinen

Sillan numero U-2975 S	Sillan nimi Koskelan vesistösilta	Kunta Helsinki
Alkuperäinen siltatyyppi Jännitetty teräsbetoninen kotelopalkkisilta		Suunnitelmanumero 5556
Jännemitat (m) 26,0+39,0+26,0	Tarkastuspm. 28.7.1980-25.9.2001	Vinous (gon) 61,0
		Hyödyllinen leveys (m) 18,1

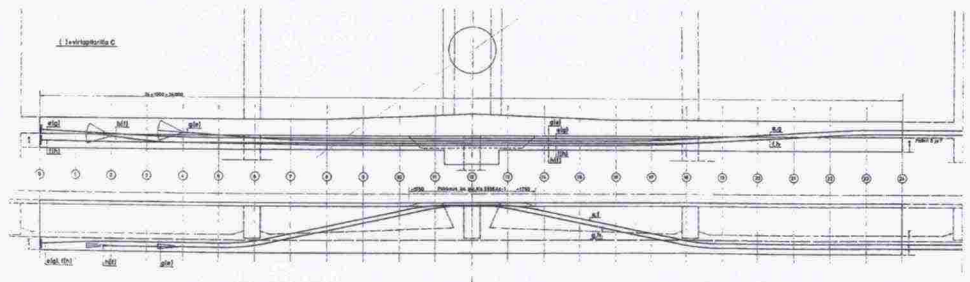
Tarkastuksen tulokset



Eteläisen sillan keskiaukko on vahvennettu jälkijännittämällä. Jänteet on sijoitettu vanhojen kotelorakenteiden ulkopuolelle ja ankkuroitu välitukien kohdille kotelon alakulmiin kiinnitettyihin uusiin teräsbetonirakenteisiin, L-muotoisiin palkkeihin.

Tarkastuksen tulokset (jatko)

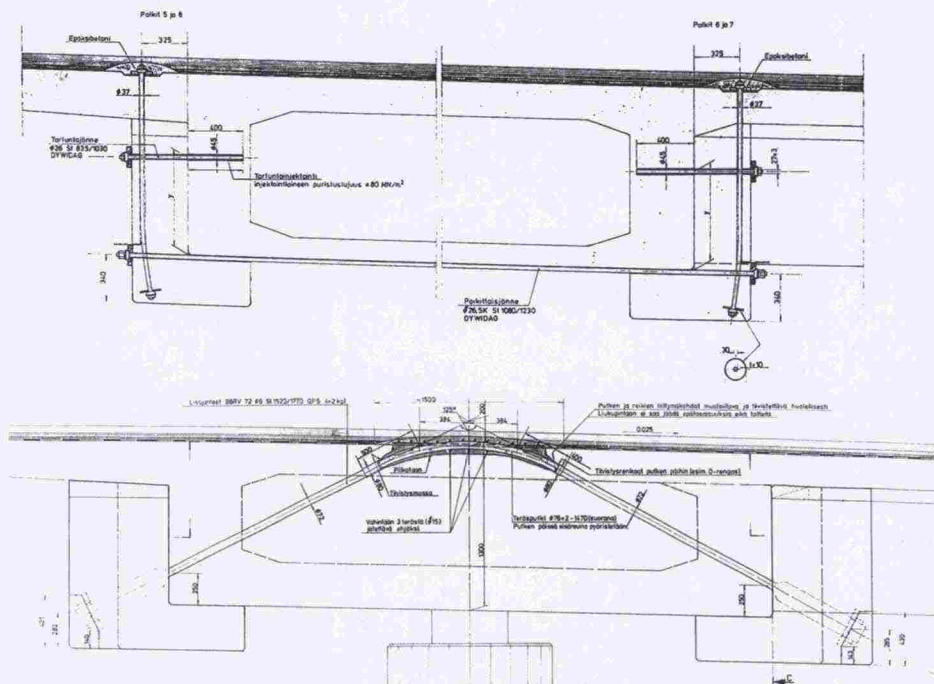
Sillan pituussuuntaisia jänteitä on kummassakin kotelossa 8 kpl (4 kotelon molemmilla sivuilla). Jänteitä on sillassa kaikkiaan 16 kpl ja niiden poikki-leikkauspinta-ala on $16 \times 1244 = 19904 \text{ mm}^2$. Suunnitelman mukainen kokonaisjännevoima jännittämishetkellä ankkureissa on $16 \times 1,27 \text{ MN} = 20,3 \text{ MN}$. Jänteiden toisissa päissä on kiinteät ankkurit (jännittäminen suoritetaan vain toisesta päästä jännettä). Sillan pääaukon puolivälissä jänteet kulkevat kotelon alapuolella suojaputkissa (kuva).



Kuva: Pituussuuntaisten jänteiden vaaka- ja pystygeometria välituilla ja jänteiden kulku kotelon ulkopuolella keskiaukossa.

Jänteiden ankkurialueiden L-palkit on kiinnitetty poikittaisilla Dywidag-jänteillä kotelon alaosassa ja tartuntajänteillä yläosassa (seuraavan sivun kuva). Näitä poikittaisia jänteitä on noin 0,5 m välein koko betonirakenteen pituudella. Välituilla on lisäksi kuvan mukaisesti kaksi lisäjännettä pilaria kohden (yht. 8 kpl koko sillassa). Uusi betonirakenne on kiinnitetty pystysuunnassa myöskin Dywidag tangoilla ("lisähaoilla") joita on noin 0,5 m välein; tukialueella 0,3 m välein.

Tarkastuksen tulokset (jatko)



Kuva: Uuden betonirakenteen kiinnitys Dywidag-tangoilla ja poikittaiset li-säjänteet pilarin kohdalla.

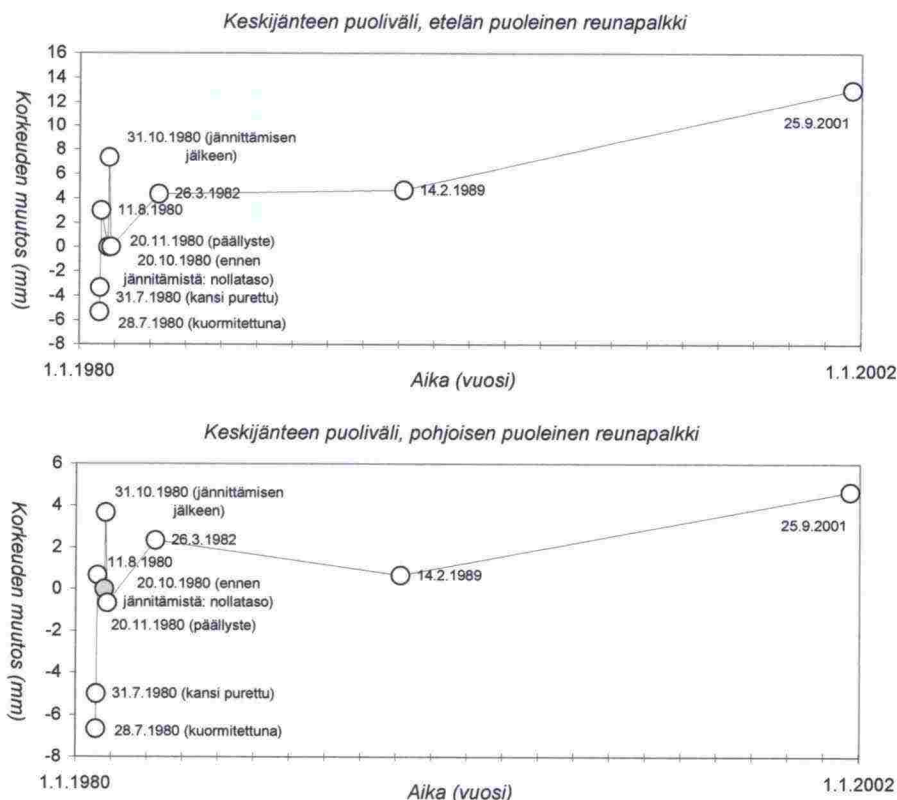
Sillan päällysrakenteesta on käytettävissä vaaitustuloksia vuosilta 1980 - 2001. Yhteenveto tuloksista on esitetty oheisessa kuvassa. Jännittämisen aikana keskiaukon keskikohta on kohonnut noin 7 mm ja 4 mm etelän ja pohjoisen puoleisissa reunapalkissa, vastaavasti. Päällysteen teon jälkeen päällysrakenne keskiaukossa on painunut alaspäin suunnilleen saman verran. Sillan päällysrakenne keskiaukossa on jatkanut kohoamista ja 10 viimevuotena tapahtunut lisäkohouma on noin 8 mm ja 3 mm eteläisessä ja pohjoisessa reunapalkissa, vastaavasti. Tuloksiin vaikuttaa lämpötilakorjausten puute ja kiintopisteiden mahdolliset liikkeet.

Kotelon alapinnan poikittaisten tankojen jännevoimia mitattiin 13.12.2002 värähtelymittauskokeella (kuva). Mittauksia tehtiin 6 tangosta Helsingin puoleisessa päässä siltaa etelän puoleisesta kotelosta. Mittauspäivän lämpötila oli -2 °C. Edeltävinä päivinä lämpötila oli lähellä nollaa, joten lämpötilakorjauksen vaikutus voidaan olettaa pieneksi. Tulosten perusteella tankojen jännevoima on keskimäärin 0,384 MN, vastaten 13 % jännevoiman häviötä suunnitelman mukaiseen jännittämishetken jälkeiseen arvoon verrattuna. Jännevoiman häviöiden hajonta oli välillä 9 % ... 16 %.

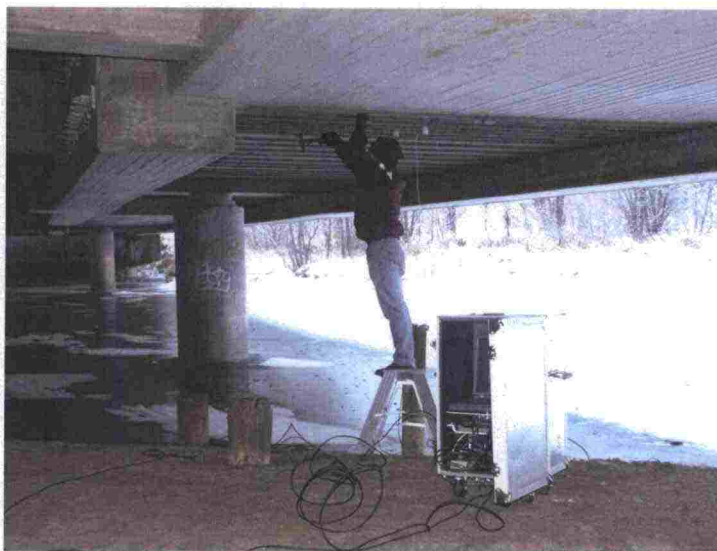
Sillan silmämaäräisessä tarkastus tehtiin jään päältä. Koteloiden alapinnan halkeamia on injektoitu runsaasti. Pintahakojen ruostetta on tullut betonipeitteen läpi joistakin kohdista vanhaa kotelorakennetta. Kalkkivuotoja on jonkin verran eteläisen reunapalkin liitoksessa. Kahdessa kohtaa kannen alla oli purkamattoman muottilaudan pää näkyvissä betonipinnassa.

Tarkastuksen tulokset (jatko)

Siltaestetiikkamielessä vahventamistratkaisu näyttää rumalta. Vaikutelmaa lisää eteläisen reunapalkin geometriavirhe, jonka mukaan silta näyttää notkahtaneen keskeltä. Sillan vahventamistratkaisu näyttää kuitenkin toimivan suunnitellulla tavalla. Mm. näkyvät poikittaiset jänneteräkset, suojaputket ja niiden detaljit ovat hyvässä kunnossa.



Kuva: Vaaitustulosten mukainen korkeusaseman muutos päällysrakenteessa.

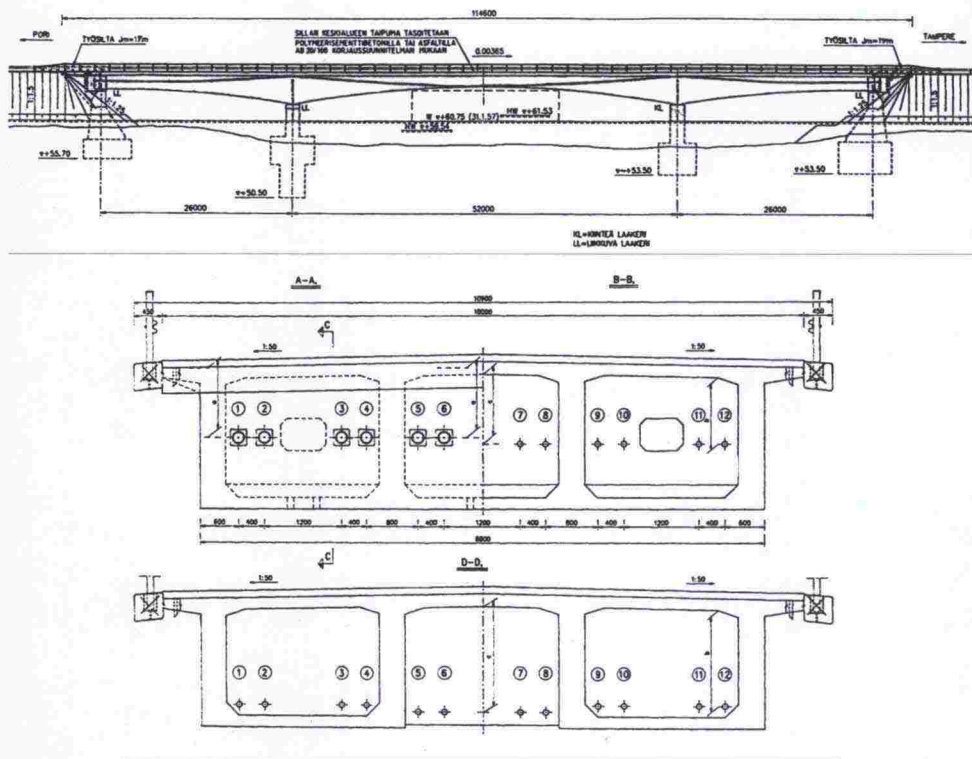


Kuva: Kotelon alapohjan poikittaisten Dywidag-tankojen jännevoiman mitaus kiihtyvyyssmittauslaitteiston avulla.

5.4.2 Murhasaaren silta

Sillan numero H-1124	Sillan nimi Murhasaaren silta	Kunta Nokia
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen kotelopalkkisilta	Suunnitelmanumero 4474	
Jännemitat (m) 26,0+52,0+26,0	Tarkastuspvm. 3.8.1999-4.10.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 10,0

Tarkastuksen tulokset



Sillan poikkileikkaus muuttuu keskiaukon keskellä kolmen kotelon rakenteesta kahden kotelon rakenteeksi (vrt. poikkileikkauskuva). Silta on vahvennettu jälkijännittämällä 12 ankkurijänteellä, jotka ovat muovisissa suojaputkissa. Suunnitelman mukainen kokonaisjännevoima, kun kaikki häviöt ovat tapahtuneet, on 21,4 MN ja 21,1 MN, sillan päissä ja keskiaukon keskellä, vastaavasti. Jänteiden poikkileikkauspinta-ala on 20160 mm². Jännittäminen on suunniteltu tehtäväksi samanaikaisesti sillan kummastakin päästä. Jänteiden ohjausvoima siirtyy väliseiniä kautta (seuraavan sivun ylempi kuva). Väliseiniä on 6,5 m välein.

Jänteiden ankkurointi on tehty uuteen päätypalkkiin joka on liitetty jälkivalulla vanhaan rakenteeseen (seuraavan sivun alempi kuva).

Vahventamisen yhteydessä siltaa on korjattu, mm. päädyt ja liikuntasau-
mat on uusittu sekä halkeamia injektoitu.

The image contains two technical drawings of door and window frames, labeled 'PORRI PUOLENEN PÄÄTY' and 'TAMPEREEN PUOLENEN PÄÄTY'.

PORRI PUOLENEN PÄÄTY: This drawing shows a side view of a door frame. Key dimensions include a top width of 300, a top offset of 110, a main width of 400, and a total width of 850. The bottom width is 700, with a total base width of 950. A vertical offset on the left is 110, 300. A 0.45° angle is indicated for the bottom flange. Labels include 'VARAUS LUOKKA-SÄÄLÄNTITEILII' and 'PIIKKAUSRAJA'.

TAMPEREEN PUOLENEN PÄÄTY: This drawing shows a side view of a window frame. Key dimensions include a top width of 300, a top offset of 110, a main width of 400, and a total width of 850. The bottom width is 700, with a total base width of 1300. A vertical offset on the left is 110, 300. A 2.45° angle is indicated for the bottom flange. Labels include 'PIIKKAUSRAJA'.

Vahventamistoimenpiteen onnistumista on seurattu VTTn ja Hämeen tiepiirin tutkimuksissa (Timo Tirkkonen 2002). Mittaustuloksia on käytössä noin 2 v. ajalta lähtien jälkijännittämisestä. Sillan päällysrakenteesta on mitattu venymiä ja taipumaa on seurattu vaaituksilla.

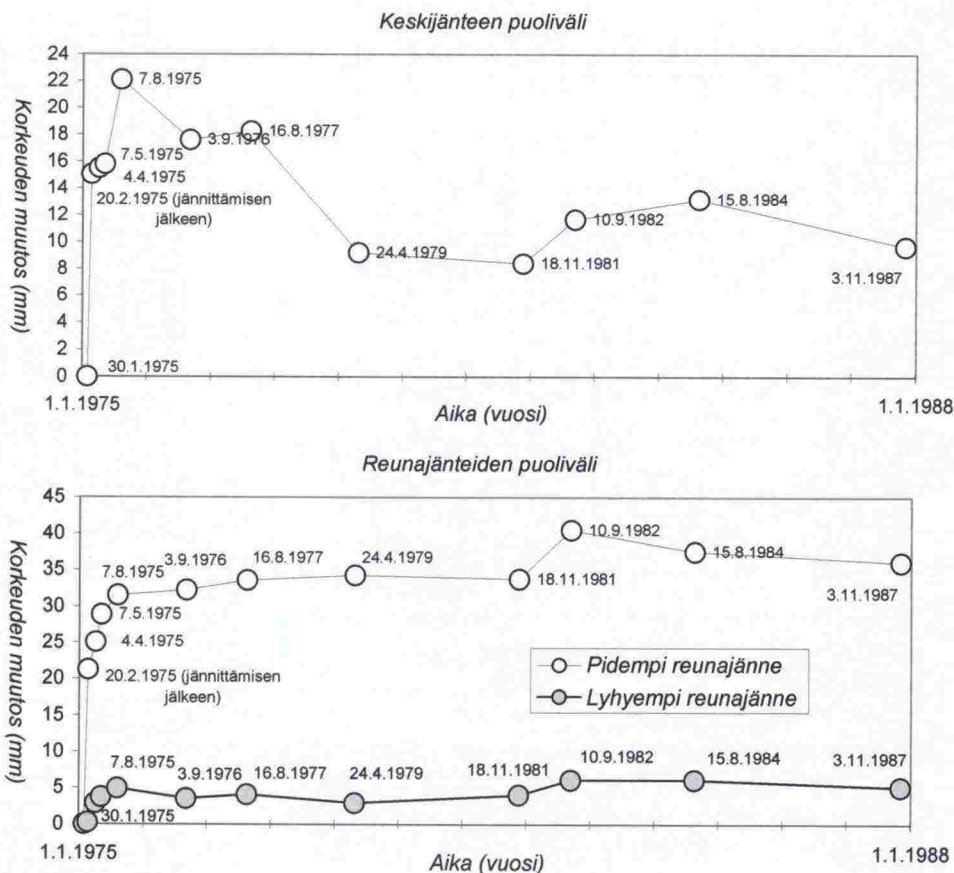
Venymämittausten tulosten perusteella jälkijännittäminen on huomattavasti pienentänyt halkeamaleveyksiä. Arvion mukaan suuremmat halkeamasta ovat menneet kiinni jännittämisen yhteydessä keskimäärin 0,11 mm ja kahden vuoden kuluessa kesimäärin 0,25 mm.

Suurin osa jälkijännittämisestä seuranneesta betonirakenteen kokoonpuristumasta on tapahtunut noin 3 kk kuluessa jännittämisestä. Keskiaukko on kuitenkin jatkanut nousua halkeamien mennessä edelleen kiinni.

Tarkastuksen tulokset (jatko)

Kotelopalkkiosuus on vahvennettu v. 1974 – 1975 kotelon sisään sijoituilla 24 punosjanteella. Jänteiden poikkileikkauspinta-ala on $24 \times 2189 = 52536 \text{ mm}^2$ ja lopullinen kokonaisjännevoima n. $24 \times 1,83 = 44 \text{ MN}$. Jänteiden ohjausvoima siirretään kotelon väliseinien kautta, joita on n. 6,5 m välein. Jänteet on ankkuroitu kotelon sisään, uloimmaisiiin soluihin, rakennettuihin teräsbetonilevyihin (vrt. edellisen sivun kuva). Teräsbetonilevyt on jännitetty myös sillan poikkisuunnassa. Poikittaiset jänteet on ankkuroitu vanhan kotelon sivuseinien ulkopuolelle ja ankkurointi on suojattu betonivaluun.

Sillasta on käytössä vaaitustuloksia vuosilta 1975 - 1985. Yhteenvedo tuloksista on esitetty oheisessa kuvassa. Välittömästi jännittämisen jälkeen keskijänne ja pidempi reuna-jänne on kohonnut noin 15 mm ja 21 mm, vastaavasti. Lyhyempi reunajänne on pysynyt lähes paikoillaan. Jännittämisen jälkeisenä ½ vuoden aikana kaikki jänteet ovat jatkaneet kohoamista. Tämän jälkeen 12 v. aikana reunajänteet ovat pysyneet lähes samalla tasolla mutta keskijänne on painunut noin 10 mm.

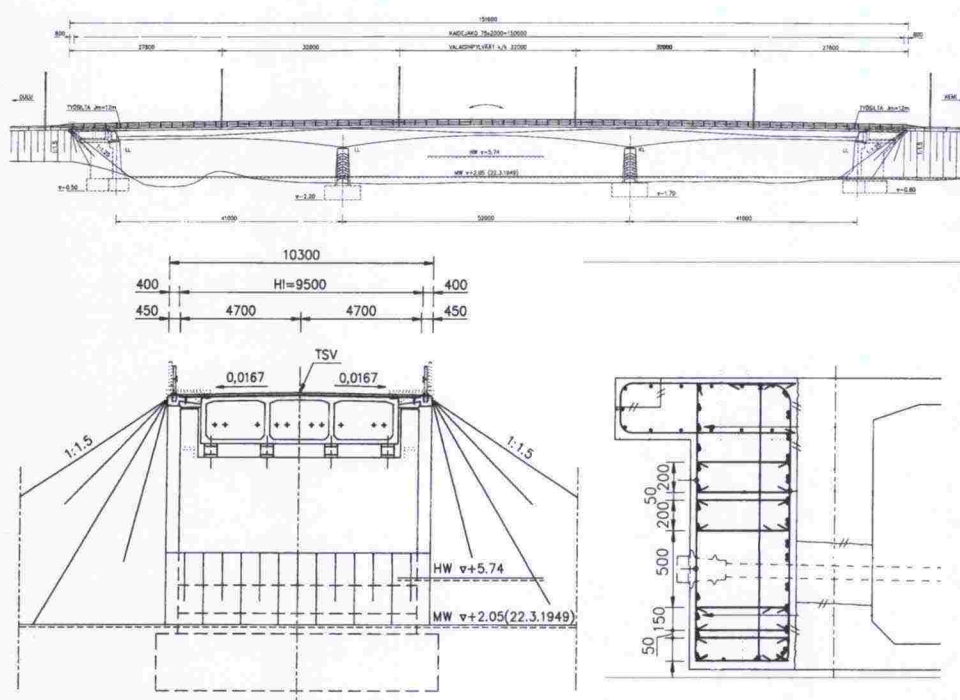


Kuva: Kotelopalkkiosuuden jänteiden keskikohtien korkeuden muutokset vaaitustulosten perusteella.

5.4.4 Puodinkosken silta

Sillan numero O-200	Sillan nimi Puodinkosken silta	Kunta li
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen kotelopalkkisilta		Suunnitelmanumero 3276
Jännemitat (m) 41,0+52,0+41,0	Tarkastuspvm. 10.10.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 9,5

Tarkastuksen tulokset



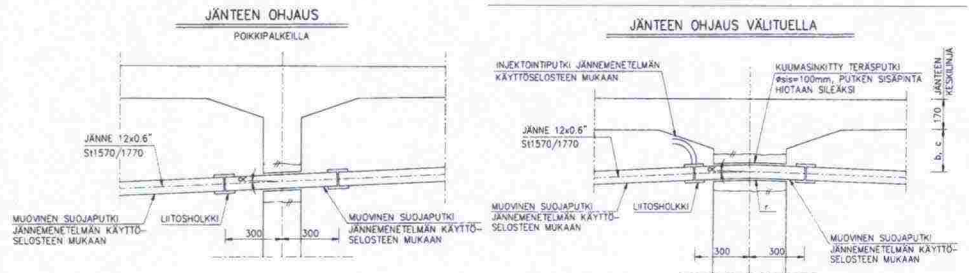
Kuva: Sivu- ja tasokuva sekä päätypalkin ankkurointidetali.

Silta on jälkijännitetty kotelon sisään sijoitettujen 10 jänteen avulla. Jänneet kulkevat läpi sillan ja ne on suunniteltu jännitettäväksi samanaikaisesti sillan molempien päiden ankkureista. Ankkurointia varten sillan päätypalkkeja on vahvennettu uudella teräsbetonipalkilla yläpuolen kuvan mukaisesti. Jännekaapelit kulkevat injektoiduissa muovisissa suojaputkissa. Jänneiden ohjausvoima siirtyy kotelon väliseinien kautta (vrt. seuraavan sivun kuva). Väliseiniä on sillassa noin 5,2 m välein. Vahventamisen yhteydessä siltaa on korjattu, mm. kansilaatan reuna-oukotteet on uusittu.

Nelostuen puoleisessa päätyseinässä on yksi noin 0,1 mm:n halkeama ja molemmissa sivuseinissä on halkeamat noin 0,5 m:n etäisyydellä päädystä, leveys 0,1 mm. Lisäksi alavirran puoleisessa seinässä on aikaisemmissa tarkastuksissa todettu 0,2...0,3 mm:n levyinen halkeama. 1. ja 2. samoin kuin 2. ja 3. kennon väliseinässä ei ole halkeamia läpivientien kohdilla. Läpiviennissä suojaputket on valettu kiinni timanttitoralla tehtyihin reikiin.

Tarkastuksen tulokset (jatko)

Sillan päällysrakennetta on vaaittu jälkijännittämisen yhteydessä. Tulosten mukaan kaikki kolme aukkoa ovat kohonneet keskiosistaan noin 13 mm.



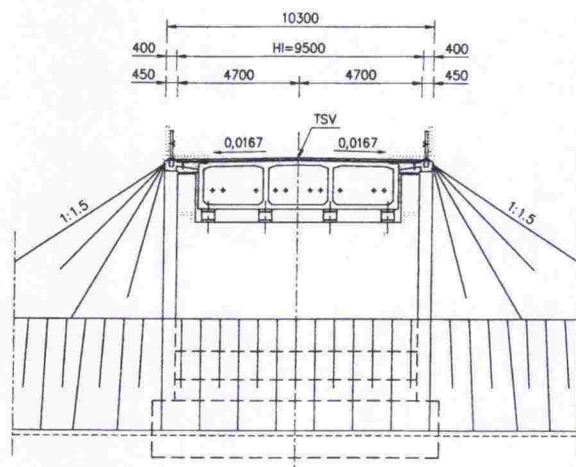
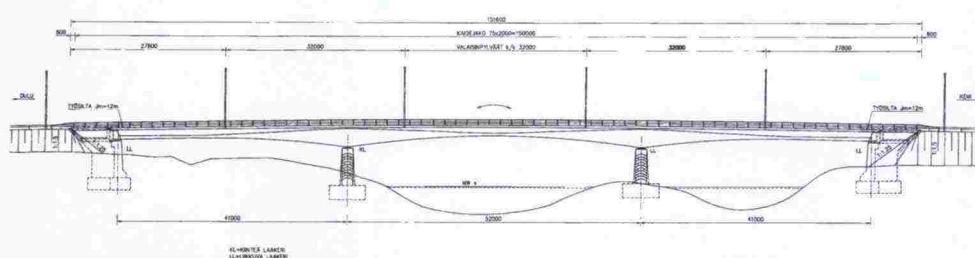
Kuva: Jänteiden läpivienti kotelon poikkipalkeista (suunnitelman ennakkokopion 28.2.1998 mukaan) ja valokuva valmiista rakenteesta.

Putket ovat 1. – 3. kennoissa lähes vaakasuorassa. 3. kennossa on suo-
japutkien jatkos. Jatkoskappaleet on tiivistetty ilmastointiteipillä. Jatkos-
kohdassa ei näkynyt vuotojälkiä. Kotelopalkin ulkoseinään on porattu il-
meisesti telineiden kiinnittämistä varten reikiä. 3. ja 4. kennojen välisei-
nässä läpiviennissä on teräsholkit, jotka mahdollistavat kaapelien taipumi-
sen. Vastaavat holkit ovat myös 5. ja 6. kennojen väliseinässä. 4. kennos-
sa kaapelit alkavat nousta ylemmäksi. 6. kennossa on aikaisemmissa tar-
kastuksissa havaittuja halkeamia, leveys noin 0,3 mm. 7. kennossa on
taas suo-
japutkien jatkokset ja 7. ja 8. kennojen väliseinässä holkit. 8. ja 9.
kennoissa on molemmissa sivuseinissä injektoitu halkeama. 8. ja 9. sekä
9 ja 10. kennojen väliseinissä (välituen kohta) on holkit suo-
japutkien läpi-
vienneissä. 10. kennossa on taas suo-
japutkien jatkokset ja kaapelit alka-
vat laskea. 11. ja 12. sekä 12. ja 13. kennojen väliseinissä on holkit. 12.
kennossa on suo-
japutkien jatkokset.

5.4.5 Helsinginkosken silta

Sillan numero O-201	Sillan nimi Helsinginkosken silta	Kunta li
Alkuperäinen siltatyyppi Teräsbetoninen kotolopalkkisilta		Suunnitelmanumero 3276
Jännemitat (m) 41,0+52,0+41,0	Tarkastuspvm. 10.10.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 9,5

Tarkastuksen tulokset



Silta on vahvennettu samalla periaatteella kuin Puodinkosken silta (kohta 5.4.4). Jännekaapelit ovat muovisissa suojaputkissa. 1. kennossa keskimäinen suojaputki lähtee eri tasosta kuin muut. Se on vielä 1. ja 2. kennojen väliseinässä eri tasolla, mutta siitä eteenpäin suurin piirtein samassa tasossa. Niissä väliseinien läpivienneissä, missä ei ole holkkia, jälkivalua ei ole tehty. Halkeamia on injektoitu paljon enemmän kuin Puodinkosken sillassa tai ainakin sulkuainetta on vedetty halkeamien kohdille. Joissakin injektoiduissa halkeamissa on vielä injektointitulppia paikoillaan ja injektointiaineen valumia on halkeaman ympäristössä. Väliseiniin oli asennettu kulkuaukkojen kohdille teräsvahvistuksia ainakin kolmessa kohdassa (kuva). Yleensä työnjälki oli epäsiistimpää kuin Puodinkosken sillassa. Jätteiden ankkuroinnin tai kaapelien läpivientien aiheuttamia halkeamia ei ollut näkyvissä.

Tarkastuksen tulokset (jatko)



Kuva: Väliseinien teräsvahvistuksia.

6 TERÄSSILTOJEN LAAKEREIDEN KIINNITYKSET

6.1 Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat

Laakerin ylälaatan ja teräspalkin alalaipan välisen kiinnityshitsin (tai kiinnityspulttien) ja kittauksen kuntoa ei ole tutkittu systemaattisesti sillan takuutarkastuksen jälkeen. Varmistuaaksemme niiden toimivuudesta tarkastettiin satunnaisesti joidenkin siltojen laakerit silmämääräisesti.

6.2 Yhteenveto

Tarkastettuja siltoja oli 18 kappaletta. Tehdyt tarkastukset ja esiin tulleet vauriot on esitetty taulukossa 6.1. Kohdassa 6.4 on tarkempi selvitys 14 sillan tarkastuksesta.

Vaurioita ei ollut yksittäistä poikkeusta lukuun ottamatta hitsikiinnityksissä eikä pulttikiinnityksissä. Sen sijaan tavallista on, että teräspalkin alalaipan ja laakerin ylälaatan välisen sauman kittaus puuttuu tai on halkeillut (kuva 6.1). Samaten laakeripinnoista on yleisesti maali lohkeillut pois ja pinnoissa on ruostuneita kohtia, jotka vaatisivat pikaisesti huoltomaalauksen.



Kuva 6.1 Irronnutta kittiä Haukiperän sillan laakerikiinnityksessä.

Taulukko 6.1 Tarkastetut sillat, laakerityypit ja vauriot

<i>Sillan nimi</i>	<i>Laakerityyppi</i>	<i>Vauriot</i>
*) Haukiperän silta, Suomussalmi	Rullalaakerit	Kiinteiden laakereiden pultit poikki. Syynä maatuen liikkeit. Paikoin ruostetta.
*) Hepojokilaakson silta, Piikkiö	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä.
Juukan Kirkkosilta, Juuka	Rullalaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä. Kittaukset puuttuvat. Runsaasti ruostetta.
*) Kellosalmen silta, Kannonkoski	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä. Kittaukset puuttuvat. Paikoin ruostetta.
*) Kemijärven silta, Kemijärvi	Rullalaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä. Paikoin ruostetta.
*) Kiehimäjoen silta, Paltamo	Rullalaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä. Paikoin ruostetta.
*) Klemolan silta, Vehkalahti	Rullalaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä. Laakeriennakot ovat väärin lämpötilaan nähden.
Korian silta, Koria	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä. Paikoin ruostetta.
*) Kujalan silta, Kiiminki	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä.
*) Pellon silta, Pello	Rullalaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä. Kittaukset puuttuvat. Paikoin ruostetta.
*) Pukkilan silta, Piikkiö	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä.
Puumalansalmen silta, Puumala	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä.
*) Riuttasalmen silta, Karstula	Kaksois-vaappulaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä. Kittaukset puuttuvat. Paikoin ruostetta.
Skatilan silta, Mustasaari	Kumipesälaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä. Jotkut suojakumit olivat repeytyneet.
*) Storå bro, Maalahti	Rullalaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä. Kittaukset puuttuvat. Paikoin ruostetta.
*) Suomussalmen silta, Suomussalmi	Rullalaakerit	Hitseissä ei havaittu virheitä. Paikoin ruostetta.
*) Tepaston silta, Kittilä	Viivatuenta liukulaakerit	T4 kiinnityshitsissä särö, muuten OK.
*) Tornion ristikkosilta (Hannulan silta)	Rullalaakerit	Pulttikiinnityksissä ei havaittu virheitä.

*) Siltakohtaiset tarkastustulokset esitetty tässä julkaisussa

6.3 Johtopäätökset

Tarkastuksiin perustuen voidaan yleisemminkin todeta, ettei laakerien kiinnityksissä ole odotettavissa isompaa ongelmaa, ei ainakaan lähitulevaisuudessa. Sen sijaan ylläpitotöihin luettavaa huoltomaalaus- ja kittaustarvetta on runsaasti, jotta välttyttäisiin kalliimmilta korjaustoimenpiteiltä jatkossa.

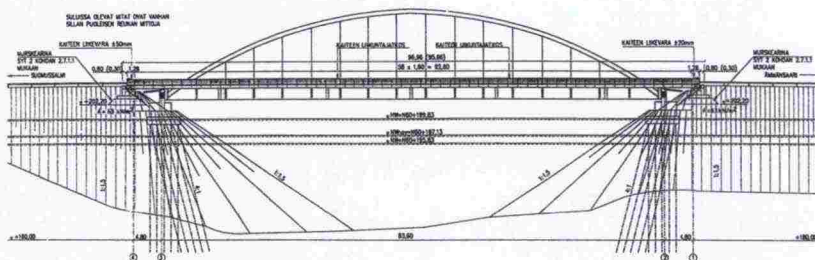
Joissakin tiepiireissä on teräslaakerien suojaksi tehty jälkeinpäin peltikotelot. Niistä on saatu sekä hyviä että huonoja kokemuksia. Hyvänä puolena useimmiten on ollut se, ettei laakerirullan ja alalevyn väliin pääse irtokiviä eikä muita roskia. Haittana taas on se, ettei rullan asentoa eikä korroosioas-tetta näe avaamatta koteloa. Suositeltavaa onkin, että asennettaessa tällai-sia koteloita jatkossa kotelon toinen pääty tehdään läpinäkyvästä, iskunkes-tävästä muovista helposti avattavissa olevia peltiruuveja käyttäen.

6.4 Tarkastustulokset silloittain

6.4.1 Haukiperän silta

Sillan numero O-2565	Sillan nimi Haukiperän silta	Kunta Suomussalmi
Alkuperäinen siltatyyppi Teräksinen Langer-palkkisilta		Suunnitelmanumero 7298
Jännemitat (m) 81,5	Tarkastuspvm. 18.4.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 8,5

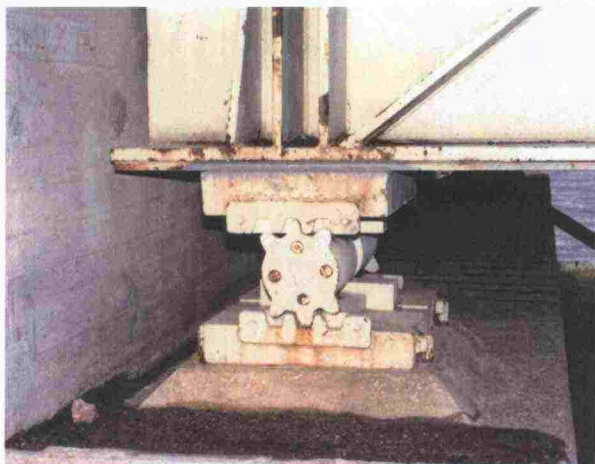
Lisätiedot kohteesta



Maatuella 1 on teräsiset rullalaakerit ja maatuella 2 (Ämmänsaaren puoleinen maatuki) teräsiset kiinteät laakerit. Laakerit on kiinnitetty pulteilla palkin alalaippaan.

Tarkastuksen tulokset

Tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena. Maatuki 2 on siirtynyt aukkoon päin n. 30 mm, jonka seurauksena maatuen 2 kiinteiden laakerien kiinnityspultit teräspalkkiin ovat katkenneet. Liikuntasaumalaitteen kumiosat molemmilla tuilla ovat puristuneet kiinni. Lämpötilan muutoksista johtuvat sillan liikkeet eivät pääse tapahtumaan normaalilla tavalla. Maatuella 1 liikkuvien laakerien kiinnityspultit ovat kunnossa. Laakerien pinnoissa on reilusti ruostetta ja maalin lohkeilua. Huoltokäsittely olisi tarpeellinen pikaisesti.

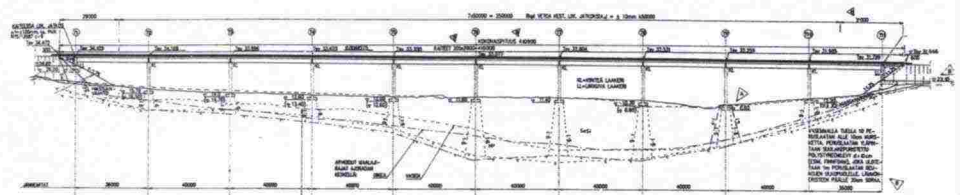


Kuva: Haukiperän sillan liikkuva laakeri.

6.4.2 Hepojokilaakson silta

Sillan numero T-2229	Sillan nimi Hepojokilaakson silta	Kunta Piikkiö
Siltatyyppi Teräksinen jatkuva palkkisilta, liittorakenteinen	Suunnitelmanumero 12687	
Jännemitat (m) 36,0 + 8x40,0 + 36,0	Tarkastuspvm. 22.6.1999	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 12,5

Lisätiedot kohteesta



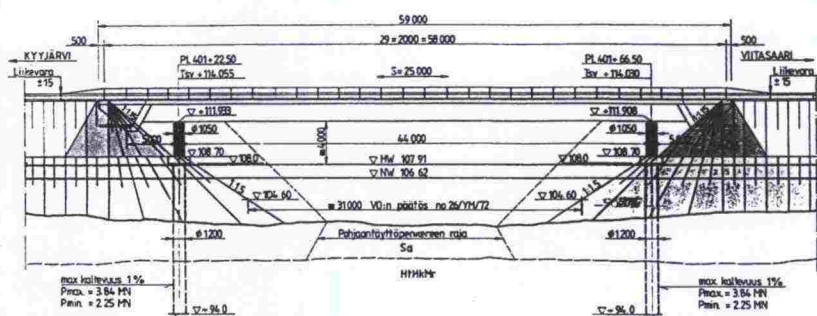
Laakerit ovat kumipesälaakereita. Välituella T x on kiinteät laakerit, muilla tuilla liikkuvat laakerit.

Tarkastuksen tulokset

Tarkastus tehtiin silmämääräisesti. Välitukien laakerit tarkastettiin siltakurjen korista.

Hitsien ja kitin kunto oli hyvä. Hitseissä ei havaittu säröjä. Maalien kunto oli myös hyvä.

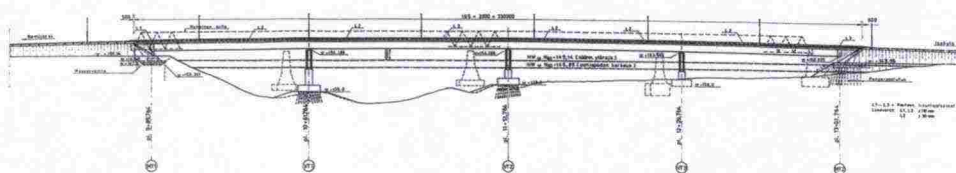
6.4.3 Kellosalmen silta

Sillan numero KeS-1076	Sillan nimi Kellosalmen silta	Kunta Kannonkoski
Alkuperäinen siltatyyppi Teräksinen ulokepalkkisilta, liittorakenteinen		Suunnitelmanumero 7497
Jännemitat (m) (5,0) + 44,0 + (5,0)	Tarkastuspvm. 19.2.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,5
Lisätiedot kohteesta		
		
Kaikki laakerit kiinteitä kumipesälaakereita, tyyppi TOBE.		
Tarkastuksen tulokset		
Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin ympäriinsä hitsillä. Hitseissä ei havaittu vaurioita. Laakerien pintakäsittely on myös kunnossa.		

6.4.4 Kemijärven silta

Sillan numero L-1652	Sillan nimi Kemijärven silta	Kunta Kemijärvi
Siltatyyppi Teräksinen jatkuva palkkisilta, liittorakenteinen	Suunnitelmanumero 9000	
Jännemitat (m) 72,0 + 90,0 + 78,0 + 72,0	Tarkastuspvm. 8.4.1999	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 13,3

Lisätiedot kohteesta



Kaikki liikkuvat laakerit ovat teräksisiä rullalaakereita ja välituella 1 terässiä kiinteitä laakereita.

Tarkastuksen tulokset

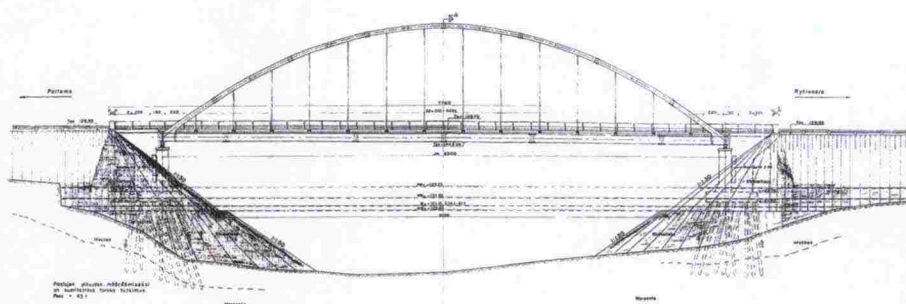
Maatuilla tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena ja välituilta kii-karoimalla.

Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pätkähitseillä. Hit-seissä ei havaittu vaurioita. Kittaukset hitsien välisillä osilla puuttuvat. Laakereissa on paikoin ruostumia ja maalin lohkeilua. Huoltokäsittely olisi paikallaan.

6.4.5 Kiehimäjoen silta

Sillan numero O-2023	Sillan nimi Kiehimäjoen silta	Kunta Paltamo
Siltatyypin Teräksinen Langer-palkkisilta	Suunnitelmanumero 5780	
Jännemitat (m) 65,0	Tarkastuspvm. 17.4.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 12,4

Lisätiedot kohteesta



Maatuella 1 laakerit ovat teräksisiä rullalaakereita ja maatuella 2 teräksisiä kiinteitä laakereita.

Tarkastuksen tulokset

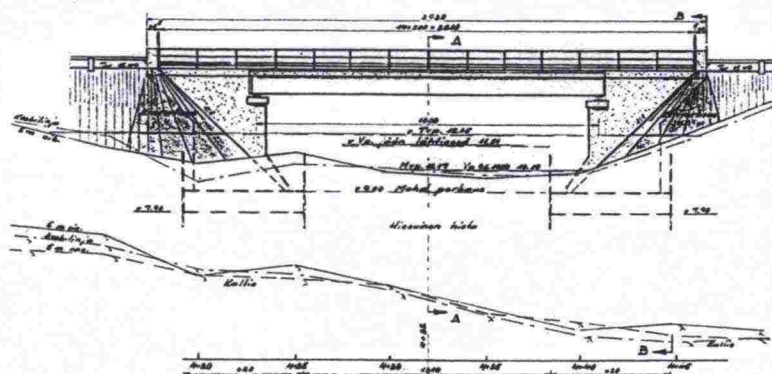
Tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena.

Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pulteilla. Kiinnityksissä ei havaittu vaurioita. Kittaukset puuttuvat. Laakereissa on paikoin ruostumia ja maalin lohkeilua. Huoltokäsittely olisi paikallaan. Laakerien teräsosissa ei havaittu säröjä.

6.4.6 Klemolan silta

Sillan numero KaS	Sillan nimi Klemolan silta	Kunta Vehkalahti
Siltatyyppi Teräksinen palkkisilta, betonikantinen	Suunnitelmanumero 4006	
Jännemitat (m) 18,0	Tarkastuspvm. 29.1.2002	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,0

Lisätiedot kohteesta



Maatuella 1 laakerit ovat teräksisiä rullalaakereita ja maatuella 2 teräksisiä kiinteitä laakereita.

Tarkastuksen tulokset

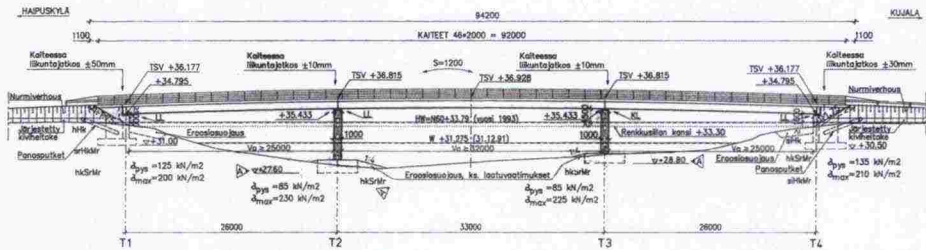
Tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena.

Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pulteilla. Kiinnityksissä ei havaittu vaurioita. Laakeriennakot ovat virheellisiä.

6.4.7 Kujalan silta

Sillan numero	Sillan nimi		Kunta
O-1463	Kujalan silta		Kiiminki
Siltatyyppi	Teräksinen jatkuva palkkisilta, liittorakenteinen		Suunnitelmanumero
			13902
Jännemitat (m)	Tarkastuspvm.	Vinous (gon)	Hyödyllinen leveys (m)
26,0 + 33,0 + 26,0	24.5.2000	-	5,5

Lisätiedot kohteesta



Laakerit ovat kumpipesälaakereita. Välituella 1 on kiinteät laakerit.

Tarkastuksen tulokset

Maatuilla tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena ja välituilta kii-karoimalla.

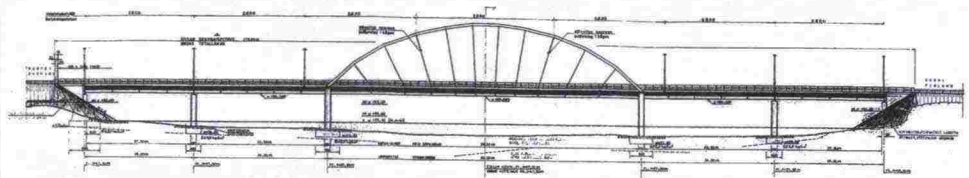
Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pätkähitseillä. Hit-seissä ei havaittu vaurioita. Kittaukset hitsien välisillä osilla olivat kunnos-sa.

Laakereissa ei havaittu ruostumia.

6.4.8 Pellon silta

Sillan numero L-1545	Sillan nimi Pellon silta	Kunta Pello
Alkuperäinen siltatyyppi Teräksinen Langer-palkkisilta		Suunnitelmanumero 5216
Jännemitat (m) 28,0+34,0+80,0+34,0+28,0	Tarkastuspvm. 3.2.2000	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 9,0

Lisätiedot kohteesta



Kaikki liikkuvat laakerit ovat teräksisiä rullalaakereita. Välituella 4 on teräksiset kiinteät laakerit.

Tarkastuksen tulokset

Maatuilla tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena ja välituilta kii-karoimalla. Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pätkähit-seillä. Hitseissä ei havaittu vaurioita. Kittaukset hitsien välisillä osilla puut-tuvat. Laakereissa on paikoin ruostumia ja maalin lohkeilua. Huoltokäsitte-ly olisi paikallaan.

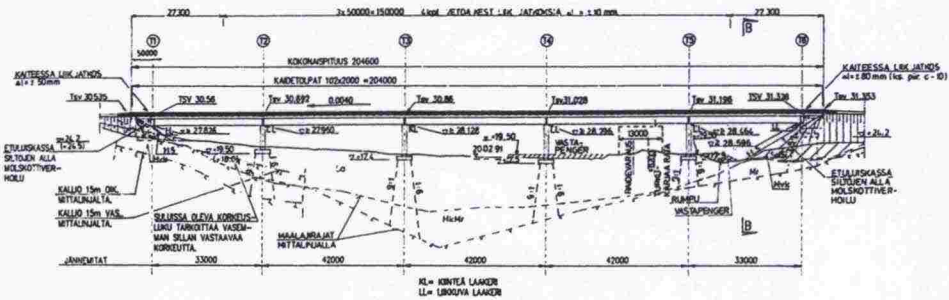


Kuva: Pellon sillan laakeri. Ulkoilman lämpötila -25°C .

6.4.9 Pukkilan ylikulkusilta

Sillan numero	Sillan nimi	Kunta
T-2234	Pukkilan ylikulkusilta	Piikkiö
Siltatyyppi	Suunnitelmanumero	
Teräksinen jatkuva palkkisilta, liittorakenteinen	13023	
Jännemitat (m)	Tarkastuspvm.	Vinous (gon)
33 + 42 + 42 + 42 + 32	23.6.1999	-
Hyödyllinen leveys (m)		12,5

Lisätiedot kohteesta



Laakerit ovat kumipesälaakereita. Välituella 1 on kiinteät laakerit.

Tarkastuksen tulokset

Maatuilla tarkastus tehtiin silmäämääräisenä tarkastuksena ja välituilta nostoauton korista.

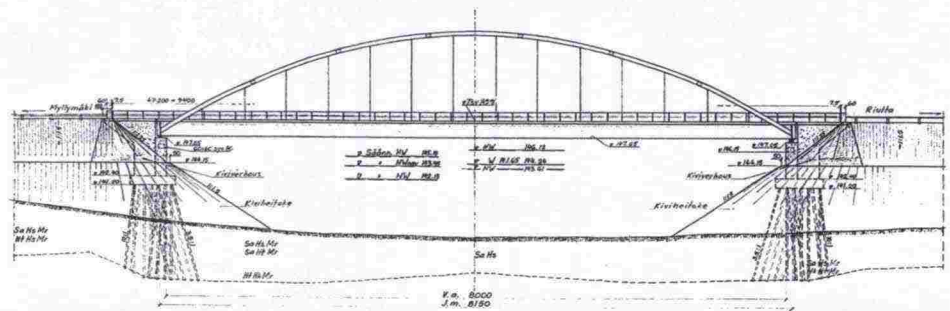
Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pätkähitseillä. Hitsaissa ei havaittu vaurioita. Kittaukset hitsien välisillä osilla olivat kunnossa.

Laakereissa ei havaittu ruostumia.

6.4.10 Riuttasalmen silta

Sillan numero KeS-809	Sillan nimi Riuttasalmen silta	Kunta Karstula
Siltatyyppi Teräksinen Langer-palkkisilta	Suunnitelmanumero 5725	
Jännemitat (m) 81,5	Tarkastuspm. 19.2.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 9,0

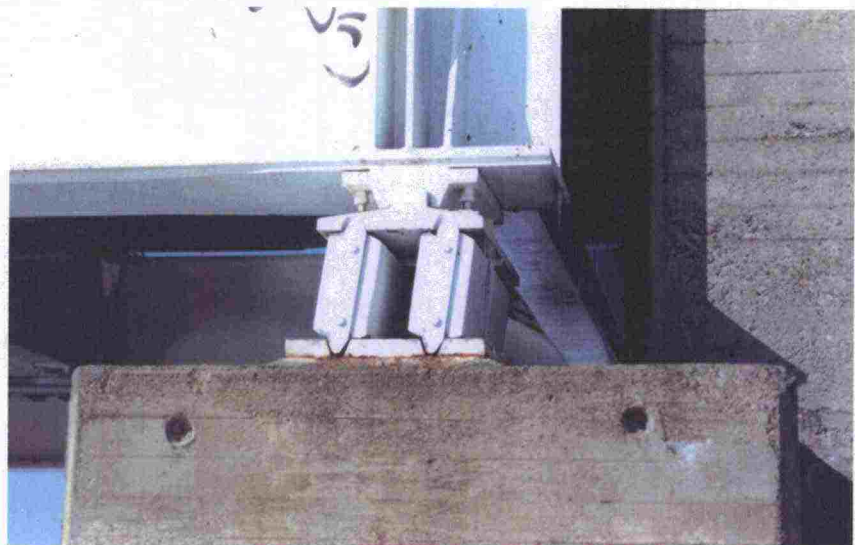
Lisätiedot kohteesta



Maatuen 1 laakerit ovat teräksisiä kaksois-vaappulaakereita ja maatuen 2 teräksisiä kiinteitä laakereita.

Tarkastuksen tulokset

Tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena. Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pulteilla. Kiinnityksissä ei havaittu vaurioita. Kittaukset puuttuvat. Laakereissa on paikoin ruostumia ja likaa. Liikkuvien laakerien laakeriennakot olivat väärään suuntaan ulkoilman lämpötilaan (-8 °C) nähden. Maatuki on luultavasti painunut aukkoon päin.

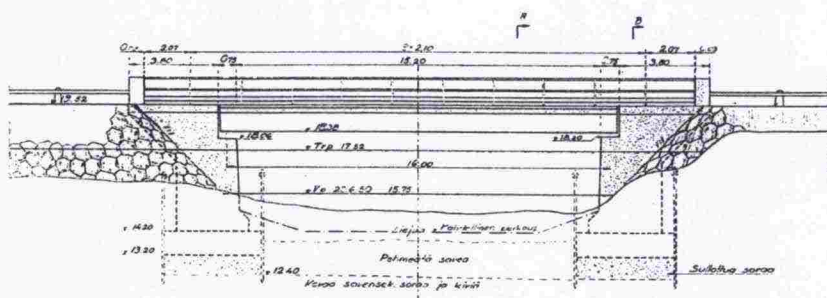


Kuva: Riuttasalmen sillan laakeri maatuella 1.

6.4.11 Storå bro

Sillan numero V-671	Sillan nimi Storå bro	Kunta Maalahti
Siltatyyppi Teräksinen palkkisilta, betonikantinen	Suunnitelmanumero 3414	
Jännemitat (m) 16,0	Tarkastuspvm. 22.1.2002	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 6,5

Lisätiedot kohteesta



Maatuen 1 laakerit ovat teräksisiä rullalaakereita ja maatuen 2 teräksisiä kiinteitä laakereita.

Tarkastuksen tulokset

Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pulteilla. Kiinnityksissä ei havaittu vaurioita. Kittaukset puuttuvat. Laakereissa on paikoin ruostumia ja maalin lohkeilua. Osalla kiinteistä laakereista ovat kiinnitykset alusbetoniin irronneet.

Sillan numero O-2566	Sillan nimi Suomussalmen silta			Kunta Suomussalmi
Siltatyyppi Teräksinen jatkuva palkkisilta, liittorakenteinen				Suunnitelmanumero 9791
Jännemitat (m) 32,0 + 52,0 + 32,0	Tarkastuspvm. 18.4.2000	Vinous (gon) -	Hyödyllinen leveys (m) 7,6	

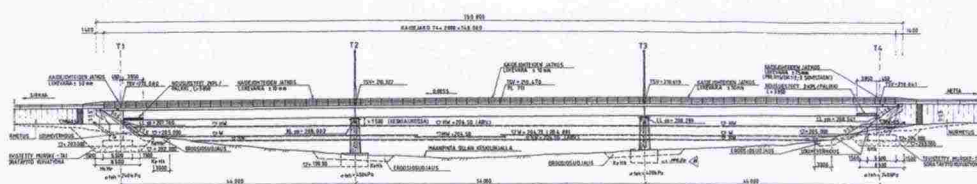
[illegible]

Laakereissa on paikoin ruostumia ja maalin lohkeilua. Huoltokäsittely olisi paikallaan.

6.4.13 Tepaston silta

Sillan numero L-1995	Sillan nimi Tepaston silta	Kunta Kittilä
Siltatyyppi Teräksinen jatkuva palkkisilta, liittorakenteinen	Suunnitelmanumero 14053	
Jännemitat (m) 44,0 + 54,0 + 44,0	Tarkastuspvm. 14.6.2001	Vinous (gon) -
		Hyödyllinen leveys (m) 7,0

Lisätiedot kohteesta



Kaikki liikkuvat laakerit ovat teräksisiä viivatuenta liukulaakereita ja kiinteät laakerit välituella 2 teräksisiä kiinteitä laakereita.

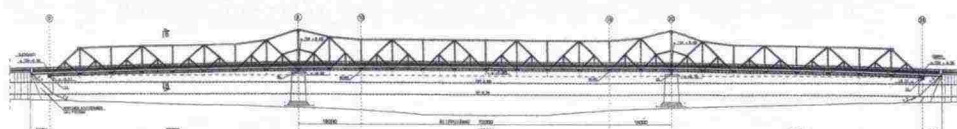
Tarkastuksen tulokset

Maatuilla tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena ja välituilta kii-karoimalla. Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pätkähit-seillä. Hitseissä ei havaittu vaurioita, paitsi tuen 4 ylävirranpuoleisessa laakerissa, jossa hitsissä oli pieni särö. Alalaipan ja ylälaatan välinen rako hitsaamattomilla osin oli kitattu kiinni. Kitit olivat kunnossa. Laakereissa ei ollut ruostumia.



Kuva: Tepaston sillan laakeriennakko. Ilman lämpötila +22 °C.

6.4.14 Tornion ristikkosilta

Sillan numero L-1070	Sillan nimi Tornion ristikkosilta (Hannulan silta)		Kunta Tornio
Siltatyypin Teräksinen nivelpalkkisilta			Suunnitelmanumero 1919
Jännemitat (m) 72,0 + 108,0 + 72,0	Tarkastuspvm. 13.6.2000	Vinous (gon) -	Hyödyllinen leveys (m) 12,5
Lisätiedot kohteesta			
			
Kaikki liikkuvat laakerit ovat teräksisiä rullalaakereita ja kiinteät laakerit välituella x teräksisiä kiinteitä laakereita.			
Tarkastuksen tulokset			
Maatuilla tarkastus tehtiin silmämääräisenä tarkastuksena ja välituilta kii-karoimalla.			
Laakerien ylälaatat on kiinnitetty palkin alalaippoihin pulteilla. Kiinnitykset olivat kunnossa. Alalaipan ja ylälaatan väli on kittaamatta.			
Laakereissa ei ollut ruostumia eikä säröjä.			

7 SUURET TERÄSSILLAT

7.1 Ongelmakohdat ja tarkastetut asiat

Suurissa terässilloissa on usein vaurioita, joita ei pystytä havaitsemaan yleis- ja muissa silmämääräisissä tarkastuksissa. Palkkien, jäykisteiden ja hitsiliitosten säröt ja repeämät, huolimattomasti tehdyt niitti- ja ruuviliitokset, syöpymisvauriot yms. ovat vaurioita, joiden löytäminen ja vakavuuden määrittäminen edellyttää asiantuntijan tekemää erikoistarkastusta tutkimuslaitteilla.

Siltojen kantavuuksista ja erityyppisten siltojen todellisesta toiminnasta tarvitaan tutkittua tietoa mm. erikoiskuljetuksia ja laskentamenetelmien kehittämistä varten. Tutkimusmenetelmänä on koekuormitus mittauksineen ja laskennallisine analysointeineen.

Riippusilloissa saattaa tapahtua hitaasti eteneviä muodonmuutoksia tai siirtymiä, joiden hallitseminen edellyttää säännöllisin väliajoin tehtäviä tarkkuusmittauksia.

Tässä julkaisussa käsiteltävien tutkimusten kohteina ovat olleet useat erityyppiset suuret terässillat. Niitä koskevat tutkimus- ja muut raportit on projektiryhmän toimesta kerätty yhteen, luetteloitu ja arkistoitu samaan paikkaan Tiehallinnon keskushallinnossa.

7.2 Yhteenveto

Tämän julkaisun yhteydessä koottuun tutkimusluetteloon kuuluu yhteensä 58 siltaa (taulukko 7.1), joista on riippusilloja 12, Langer-palkkisilloja 9, kaarisilloja 4, vinoköysisilloja 5, avattavia siltoja 21, kotelopalkkisilloja 2, palkkisilloja 2 ja ristikkosilloja 3. Kirjattuja tutkimuksia on 122 kpl ja valtaosa niistä on tehty 1980- ja 1990-luvuilla.

Tutkimusluetteloon ja raporttiarkistoon on kerätty lähinnä projektiryhmän tiedossa ja hallussa olevat raportit ja muu aineisto. Näin ollen luettelo ja arkisto eivät ole täydellisiä, vaan niitä tulleen jatkossa täydentämään.

Suuri osa tehdyistä tutkimuksista on kohdistunut riippu- ja Langer-palkkisiltoihin. Tutkimuksissa on paljastunut lukuisia vaurioita ja puutteita, jotka ovat johtaneet suuriinkin korjaus- ja vahventamistoimenpiteisiin. Taulukoissa 7.2 ja 7.3 on esitetty yhteenveto erikoistarkastuksissa havaituista vaurioista riippu-, Langer-palkki- ja kaarisilloissa. Erikoistarkastukset ovat VTT:n teräsrakennesiantuntijoiden tekemiä.

Taulukko 7.1 Luetteloidut sillat ja tutkimukset

Valm. = Valmistumisvuosi

MET = VTT/MET:n erikoistarkastus

RAT = VTT/RAT:n tutkimusselostus

Huura = Mittausraportti tarkkuusmittauksista

Koek. = Koekuormitusraportti

Muu = Muu raportti

		Valm.	MET	RAT	Huura	Koek.	Muu
Riippusillat							
T-155	Kirjalansalmen silta, Kaarina	1963	1987	1988	1990	-99 RTE	
T-1207	Kiettareen silta, Kokemäki	1958	1988	1989	1990		
KaS-665	Virran silta, Iitti	1963	1985		1986		
KaS-2635	Kirkonvarkauden silta, Mikkeli	1968	1987	1996	1986	-98 RTE	-97 VAL
KaS-2743	Potkusalmen silta, Punkaharju	1985			1989		
H-750	Sääksmäen silta, Valkeakoski	1963	1987	1988,-93	1990	-93 RAT	-93 RTE
H-1097	Karisalmen silta, Asikkala	1969		1983	1983,-89		
KeS-362	Hännilänsalmen silta, Viitasaari	1962	1985	1985-88	1987	-85 RAT	
KeS-666	Louhunsalmen silta, Jyväskylä	1957		1979	1987	-92 RAT	
V-1041	Nikkolan silta, Ilmajoki	1955	1985		1988		
O-639	Ponkilan silta, Muhos	1931	1986		1988		
L-1491	Itärannan riippusilta, Kemijärvi	1961	1986		1988		
Langerpalkit							
KaS-707	Ahvenkosken silta, Pyhtää	1965	1983			-94 RTE	
KaS-2602	Vihantasalmen silta, Mäntyharju	(purettu)	1984			-93 RAT	
SK-169	Jännevirran silta, Siilinjärvi	1951	1986	1989-93		-93 RAT	
SK-234	Peltosalmen silta, Iisalmi (Itikan s.)	1956	1986				
KeS-785	Kotakennäänsalmen silta, Äänekoski	1966	1980	1981-82		-96 RTE	-96 VAL
KeS-786	Matilanvirran silta, Sumiainen	1966	1983	1982			
KeS-809	Riuttasalmen silta, Karstula	1968					
O-2023	Kiehimäenjoen silta, Paltamo	1968	1986			-91 RAT	
O-2565	Haukiperän silta, Suomussalmi	1976					
Kaarisillat							
KaS-91	Keskikosken silta I, Anjalankoski	1954	1985			-92 RAT	
KaS-866	Keskikosken silta II, Anjalankoski	1954					
KeS-498	Kivisalmen silta, Konnevesi	1963					
V-1234	Hällnäs bro, Vöyri	1965	1987	1988			
Avattavat sillat							
U-1151	Pohjan läppäsilta, Tammisaari	1972				-89 RAT	
T-665	Reposaaren läppäsilta, Pori	1956				-91 RAT	
T-1510	Lillholmenin läppäsilta, Parainen	1982					
T-1609	Strömman läppäsilta, Kemiö	1968					
KaS-725	Mustolan läppäsilta, Lappeenranta	1967					
KaS-2368	Varistaipaleen kanavan kääntös., Heinävesi	1917					
KaS-2461	Virtasalmen läppäsilta, Savonlinna	1983					
KaS-2637	Vihtakannan kääntösilta, Savonranta	1968					
KaS-2881	Kyrönsalmen läppäsilta, Savonlinna	2000					
H-1179	Vääksyn kanavan läppäsilta, Asikkala	1975					
H-1214	Murolen kanavan kääntösilta, Ruovesi	1977					
H-1328	Visuveden kääntösilta, Ruovesi	1980					
H-1517	Kellosalmen läppäsilta, Padasjoki	1986					
SK-20	Taipaleen kanavan läppäsilta, Varkaus	1967					
SK-163	Päivärannan läppäsilta, Kuopio	1965				-93 RAT	
SK-169	Jännevirran kääntösilta, Siilinjärvi	1951					
SK-234	Peltosalmen kääntösilta=Itikan silta, Iisalmi	1956					
SK-288	Nerkoon kanavan kääntösilta, Lapinlahti	1983					
SK-1148	Uimasalmen läppäsilta, Eno	1972				-92 RAT	
SK-1219	Kaltimonkosken kääntösilta, Eno	1962					
SK-1630	Kuurnan kanavan läppäsilta, Kontiolahti	1971					

Taulukko 7.2 Riippusilloissa havaittuja vaurioita

	T- 155	T- 1207	KaS- 665	KaS- 2635	KaS- 2743	H- 750	H- 1097	KeS- 362	KeS- 666	V- 1041	O- 639	L- 1491
RIIPPUSILLAT												
Pääkannattaja, palkki												
korroosiota	X		X	X	X		X	X				X
syöpymää								X		X		
materiaalivikoja								X		X		
säröjä			X					X		X		
repeämiä						X						
muodonmuutoksia										X		
Sekundäärinen pituuskannattaja												
korroosiota			X	X								
materiaalivikoja			X									
säröjä			X	X								
Poikkikannattaja / poikkiside												
korroosiota	X								X		X	X
syöpymää								X			X	
säröjä								X				
repeämiä											X	
Vinoside												
korroosiota	X											
Pyloni												
likaisuutta				X							X	
korroosiota	X			X							X	
syöpymää				X								
repeämiä										X		
muodonmuutoksia	X											
törmäysvaurioita										X	X	X
Riippuköysi												
korroosiota				X			X	X				X
syöpymää				X								
poikki	X					X					X	X
löysyyttä			X		X	X				X		X
tiiväitä				X		X		X				
Riipputanko												
likaisuutta	X											
korroosiota	X		X	X				X				
syöpymää				X								
säröjä											X	
poikki)	X		X									
muodonmuutoksia		X										X
törmäysvaurioita												
Niitti- ja ruuviliitokset												
työtä		X				X		X			X	
säröjä			X									
ruuveja		X	X	X		X				X	X	
ruuveja						X						
Hitsiliitokset												
säröjä	X											
repeämiä	X					X						

Sillat

T-155	Kirjalansalmen silta, Kaarina
T-1207	Kiattareen silta, Kokemäki
KaS-665	Virran silta, Iitti
KaS-2635	Kirkonvarkauden silta, Mikkeli
KaS-2743	Potkusalmen silta, Punkaharju
H-750	Sääksmäen silta, Valkeakoski
H-1097	Karisalmen silta, Asikkala
KaS-362	Hännilänsalmen silta, Viitasaari
KeS-666	Louhunsalmen silta, Jyväskylä
V-1041	Nikkolan silta, Ilmajoki
O-639	Ponkilan silta, Muhos
L-1491	Itärannan riippusilta, Kemijärvi

Taulukko 7.3 Langerpalkki- ja kaarisilloissa havaittuja vaurioita

LANGERPALKIT JA KAARISILLAT	KaS- 707	KaS- 2602	SK- 169	SK- 234	KeS- 785	KeS- 786	KeS- 809	O- 2023	O- 2565	KaS- 91	KeS- 498	V- 1234
Pääkannattaja, palkki												
likaisuutta		X						X				
korroosiota		X	X		X	X		X				
syöpymää			X									
materiaalivikoja			X							X		X
säröjä										X		
muodonmuutoksia			X									X
Pääkannattaja, kaari												
likaisuutta		X						X				
korroosiota		X			X			X				
syöpymää										X		
materiaalivikoja	X											
säröjä										X		
Poikkikannattaja / poikkiside												
likaisuutta								X				
korroosiota								X				
säröjä										X		
muodonmuutoksia			X			X						
törmäysvaurioita												X
Vinoside												
muodonmuutoksia			X									
Niitti- ja ruuviliitokset												
likaisuutta		X										
korroosiota		X										
syöpymää										X		
työtä		X	X									
repeämiä								X				
Hitsiliitokset												
säröjä			X									
repeämiä	X				X							
viimeistelyä						X						

Langer-palkkisillat

KaS-707	Ahvenkosken silta, Pyhtää
KaS-2602	Vihantasalmen silta, Mäntyharju
SK-169	Jännevirran silta, Siilinjärvi
SK-234	Peltosalmen silta, Iisalmi (Itikan silta)
KeS-785	Kotakennänsalmen silta, Äänekoski
KeS-786	Matilanvirran silta, Sumiainen
KeS-809	Riuttasalmen silta, Karstula
O-2023	Kiehimäenjoen silta, Paltamo
O-2565	Haukiperrän silta, Suomussalmi

Kaarisillat

KaS-91	Keskikosken silta I, Anjalankoski
KeS-498	Kivisalmen silta, Konnevesi
V-1234	Hällnäs bro, Vöyri

7.3 Johtopäätökset

Tutkimustulokset ja niistä aiheutuneet toimenpidetarpeet ovat osoittaneet suurten terässiltöjen erikoistarkastukset, tarkkuusmittaukset ja muut tutkimukset erittäin tarpeellisiksi.

TVH:n tuotanto-osasto käynnisti vuonna 1985 suurten terässiltöjen erikoistarkastusohjelman, jonka mukaisesti on tarkastettu kymmeniä siltöja. Organisaatio- ja rahoitusmuutosten myötä toiminta on hiipunut ja lähes unohtunut, mutta nyt olisi aika tutkimusten elvyttämiseen.

Vinoköysisilloille ja joillekin muille suurille silloille on laadittu siltakohtainen hoito-ohje, jonka mukaisesti toimien sillan ylläpito on hallinnassa. Muille suurille terässilloille voitaisiin laatia siltatyypikohtaiset hoito-ohjeet, joissa määritettäisiin eriateisten tarkastusten ajankohdat, kriittiset rakenneosat ja niiden tarkastusmenetelmät sekä vuosittaiset ja määräajoin tehtävät hoitotyöt. Tarkastusten ja muiden ylläpitotoimintojen tulisi tapahtua Tiehallinnon keskushallinnon silta-asiantuntijöiden ohjauksessa.

ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-980-3
TIEH 3200793